



DIPLOMARBEIT

Pollenanalytische Untersuchungen im Bereich des Pfahlbaus Keutschacher See, Kärnten

angestrebter akademischer Grad

Magister/Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)

Verfasserin / Verfasser: Astrid Knobling

Matrikel-Nummer: 9404131

Studienrichtung /Studienzweig Biologie /Botanik
(lt. Studienblatt):

Betreuerin / Betreuer: Ao. Univ. Prof. Dr. Reinhard Zetter & Dr. Otto Cichocki

Wien, im Oktober 2008

DANKSAGUNG

Großer Dank gilt Ao. Univ. Prof. Dr. Reinhard Zetter für die Übernahme des Themas, trotz der Auslastung mit weiteren Diplomanden und für die stets offene Tür bei allen fachlichen Fragen zu fast allen Tageszeiten. Außerdem möchte ich mich für die viele Hilfe für optimale Photos an Lichtmikroskop und Raster bedanken.

Herzlichen Dank auch an Dr. Otto Cichocki, der das Thema angeregt hat und den Bohrkern zur Verfügung gestellt hat. Desweiteren möchte ich meinen Dank für die vielen interessanten Diskussionen und die zeitintensive Betreuung der archäobotanischen Seite dieser Arbeit aussprechen.

Claudia Zetter (Sekräterin am Institut für Paläontologie) möchte ich für die administrative Hilfe bei den vielen studientechnischen Behördenwegen danken.

An dieser Stelle möchte ich mich auch bei Nadja Kavcik (technische Angestellte Institut für Paläontologie) bedanken, ohne deren Beharrlichkeit das POLPAL Programm wohl nicht mehr rechtzeitig eingetroffen wäre.

In Freundschaft danke ich Kai- Uwe Hochhauser (Institut für Paläontologie) und Mag. Sabine Kottik für die Tutorien und die Verpflegungsorganisationen bei mehreren paläobotanischen Exkursionen. Nicht zuletzt ist es der guten IT- technischen Versorgung des Instituts und der Diplomandencomputer durch Kai Uwe zu danken, dass die Diplomarbeit reibungslos niedergeschrieben werden konnte.

Ursula Juszczak (technische Angestellte Institut für Paläontologie) danke ich für die technische Hilfe bei der Benützung des Labors.

Besten Dank auch an Ao. Prof. Dr. Christa Hofmann für die Hilfe bei der Literatursuche und die fachliche Beratung.

Vielen Dank auch an O. Prof. David K. Ferguson für die unvergesslichen Exkursionen und das Wecken der Neugier für die Paläobotanik in der Einführungsvorlesung.

Lieben Dank auch an meine Kollegin in der Botanik und Freundin Mag. Franziska Kollenz für die Unterstützung im Studium und den Rat bei der Erstellung der Diplomarbeit.

Lieben und herzlichen Dank an meine Eltern, die es mir ermöglicht haben, auch im Zeitalter der Studiengebühren und jährlich wechselnden Bedingungen der Bildungspolitik fertig zu studieren.

Last but not least ein großes und liebes Dankeschön an meinen Partner Bakk. tech. Jörg Sterner, dessen volle Unterstützung ich mir immer sicher sein kann. Seine technische Beratung war auch unerlässlich bei der Erstellung dieser Arbeit, besonders wenn es um Word und Windows ging. Außerdem möchte ich mich noch herzlich für die viele Hilfe bei der Erstellung der Bildtafeln bedanken.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	7
1.1.	Die Pfahlbausiedlung im Keutschacher See.....	7
1.1.1.	Der Keutschacher See in Kärnten	7
1.1.2.	Stand der Forschung	8
1.1.3.	Kulturschicht	9
1.1.4.	Ergebnisse der bisherigen Forschung.....	9
1.2.	Archäobotanik	11
1.3.	Ziel und Fragestellungen der vorliegenden Arbeit.....	12
2.	Material und Methoden	12
2.1.	Kerngewinnung	12
2.2.	Aufbereitung des Kerns für die Pollenanalyse	18
2.3.	Aufbereitung der Proben	20
2.4.	Mikroskopieren und Auszählen	22
	Präparation zum Auszählen:.....	22
	Auszählen:	22
	REM:	23
	Elektronische Datenverarbeitung und Diagrammplotting.....	23
3.	Ergebnisse	27
3.1.	Pollendiagramm	27
3.2.	C ₁₄ Datierung und Pollenzonen.....	27
3.3.	Diagrammbeschreibung	28
3.3.1.	Zone 2 Buchen Tannen Fichten Phase (Picea Phase nach FRITZ)(45-29 cm)	28
3.3.2.	Zone 1 Fagus (Abies/ Picea) Phase (29-8 cm)	28
4.	Diskussion	29
4.1.	Pollendiagramm von SCHMIDT (1965) Keutschacher Moor	29
4.1.1.	Allgemeine Beschreibung des Vergleiches der beiden Diagramme zwischen 190 und 140 cm KeutschacherseeII / bzw 16 und 8 cm Kern Pfahlbau.....	31
4.1.2.	Ein Vergleich mit dem Dobramoos.....	32
4.2.	Der Vergleich mit der Situation im jungneolithischen Pfahlbau Ödenahlen (Federsee, Oberschwaben)	34
4.3.	Sehr früher Ackerbau (Altsteinzeit) und das Getreidepollenproblem.....	35
4.3.1.	Identifizierung von Cerealia im Kern „Pfahlbau“	37
4.4.	Vegetationsrekonstruktion, Pollenflug und Pollenproduktion	37
4.5.	Vegetationsgeschichte Kärntens im Vergleich mit der europäischen Vegetationsgeschichte	38
5.	Zusammenfassung der Ergebnisse	41
5.1.	Gab es Getreideanbau, und ist dieser durch Pollenkörner von Cerealien nachweisbar?	41
5.2.	Gehen Kulturzeiger über die Kulturschicht hinaus?	42
5.3.	Gibt es eine feststellbare anthropogene Beeinflussung (Kulturzeiger, Rodungshinweise) der Vegetation im Vergleich zu den älteren Schichten?	42
5.4.	Sind die Pollen gut erhalten, d.h. kann selektive Erhaltung ausgeschlossen werden?	42
5.5.	Wie gut lässt sich das Profil mit anderen, etwas gleichaltrigen Profilen in Kärnten vergleichen?	43

5.6. Welches Bild kann man von der lokalen/regionalen Vegetation und Klimasituation zeichnen?	43
6. Summary	44
Anhang (Pollentafeln)	45
Literaturliste	52
Liste der Abbildungen	55
Liste der Tabellen	55
Lebenslauf	57

1. EINLEITUNG

1.1. Die Pfahlbausiedlung im Keutschacher See

1.1.1. Der Keutschacher See in Kärnten

Der Keutschacher See ist ein beliebter Badensee und Teil eines großräumigen Urlaubsgebiets unweit des Wörthersees in Kärnten. Die Lage charakterisiert CICHOCKI (2003) folgendermaßen:

„Der Keutschacher See liegt als größter einer Reihe von vier Seen zusammen mit zahlreichen Teichen in einer während des Rückzuges der Würm-Vereisung entstandenen Talfurche südlich des Wörthers Sees, in den er über den Reifnitzbach mit einer Gefällehöhe von 66 m entwässert wird. Im Osten mündet ein Moorbach, der in einer ausgedehnten Verlandungszone entspringt. Der weiter östlich und 7 m höher gelegene Bassgeigensee fließt, durch eine Wasserscheide vom Keutschacher See getrennt, Richtung Osten ab. Im Westen wird der Keutschacher See vom Abfluss des 2 m höher gelegenen Hafnersees, dem Weißenbach und einem weiteren Bach gespeist. Die gesamte Talsohle war einst ein weites Moorgebiet, das durch Einschwemmungen und Pflanzenwachstum die ehemals viel größeren Wasserflächen, die wohl zum Teil auch ineinander übergingen, stetig verkleinerte.“



Abbildung 1: Karte des Keutschacher Sees, Quelle: *Keutschach am See. Eine Chronik*. 2003

Der Pfahlbau befindet sich auf einer Untiefe mitten im See. Das nächstgelegene Ufer ist das Nordufer, das 300 m entfernt liegt.

1.1.2. Stand der Forschung

Da die Diplomarbeit im direkten Zusammenhang mit den neueren Forschungen am Pfahlfeld im Keutschacher See steht, erfolgt hier ein kurzer Überblick über die Geschichte und eine Zusammenfassung von Ergebnissen der neuesten Forschungen.

Der Pfahlbau im Keutschacher See ist schon seit dem 19. Jhdt. bekannt und war immer wieder Ziel wissenschaftlicher Forschungen. Eine ausführliche Abhandlung über die historischen Forschungen, die hier keine Einbindung gefunden haben, gibt SAMONIG (2003). Die erste interdisziplinäre Untersuchung (die man auch nach modernen Gesichtspunkten als solche bezeichnen kann) der Untiefe hat 1952/53 durch MOSSLER (1954) stattgefunden, allerdings

berichtet CICHOCKI (2003), dass aufgrund von Erosion, Zerstörung und fehlenden Fixpunkten keine Übereinstimmung mit den erneuten Vermessungen gefunden werden konnte. Die jüngsten Forschungskampagnen fanden 1993/94 (Forschungsprojekt FWF) und seit 1999/2000 statt (Projekt ÖNB). Danach gab es mehrere Notbergungen durch VIAS (interdisziplinäres Forschungsinstitut für Archäologie). Im Rahmen dieser Projekte wurden eine Sonarlotung und genaue Vermessung (CICHOCKI 2000) sowie dendrochronologische und C_{14} Datierungen durchgeführt (CICHOCKI 2003). Gleichzeitig wurden die Keramik- und andere Kulturfunde von SAMONIG (2003) beschrieben.

1.1.3. Kulturschicht

Die „Kulturschicht“ ist ein spezifisches Stratum (Schicht) im Sediment von Feuchtbodensiedlungen (zu denen Pfahlbauten gehören), die sich als direkte Folge der menschlichen Tätigkeit absetzt. Darin finden sich vermoderte Abfälle, Streu, Staub, Exkrementen und ähnliches. Aufgrund ihres hohen Pflanzenmaterialgehalts ist diese Schicht meist bräunlich verfärbt und „humos“. Sie ist vor allem im Bereich der Siedlung gut ausgebildet, wenn Bohlen und Fußböden sie befestigen.

Leider ist das in Keutschach nicht der Fall. Die Kuppe der Untiefe ist starker Erosion ausgesetzt und auch „Sammeler“ früherer Jahrzehnte haben der Kontinuität der Schichten zugesetzt. Im weitaus größten Gebiet der Pfähle ist die Kulturschicht daher bereits weggeschwemmt worden, allerdings gelang es 2001, einige Stellen mit dieser Schicht aufzufinden und zu datieren (CICHOCKI 2003). Die C_{14} Analyse ergab, dass die Kulturschicht in der Jungsteinzeit abgelagert wurde (VERA 2209, 4910 \pm 25 BP, Jahr 3790-3640 cal. B.C.).

Damit ist nur die älteste Siedlungsperiode in den Sedimenten erhalten, jüngere Funde waren nicht mit der Ablagerung einer Kulturschicht verbunden. Die Oberkante der Kulturschicht ist teilweise die heutige Bodenoberfläche, teilweise wird sie von umgelagerten (daher durchmischten) geringmächtigen Schichten überdeckt. Es ist daher das Siedlungsende nicht sicher mit der Kulturschicht-Oberkante identifizierbar.

1.1.4. Ergebnisse der bisherigen Forschung

Die wichtigsten Ergebnisse als Grundlage für die Fragestellungen werden hier zusammengefasst.

1) Die Dauer der jungsteinzeitlichen Besiedlung:

Wie bereits angeführt, ist die erhaltene Kulturschicht dem Neolithikum zuzuordnen. Die Nutzungsdauer lässt sich aus dem Ergebnis der dendrochronologischen Untersuchung und der C_{14} Datierung eingrenzen. Sie liegt zwischen ca. 4100 -3700 vor Chr. Auch die Keramikfunde lassen auf eine mehrere Jahrhunderte dauernde Nutzungsperiode schließen. (SAMONIG 2003).

Die organischen Makroreste im Verbund mit den C_{14} Datierungen legen drei Haupt-Nutzungsperioden nahe: Neolithikum, Hallstattzeit und Mittelalter (CICHOCKI 2003). Keramische Reste stammen weiters von bronzezeitlichen und römischen Besuchen (SAMONIG 2003).

2) Die Siedlungsbedingungen:

Aus den statischen Gegebenheiten, die schon MOSSLER (1954) feststellte, können die heute nur mehr seicht gegründeten Pfähle keine Konstruktionen getragen haben. Sie sollten also tiefer eingerammt gewesen sein, wofür eventuell die belegte starke Erosion spricht. Außerdem gibt es Steinplatten, deren Funktion noch nicht restlos geklärt ist, aber auf Befestigung des Bodens/ der Pfähle hindeutet (MOSSLER 1954). Zusätzlich gibt es noch die historische Beobachtung, dass die höchste Stelle der Kuppe auch in jüngerer Zeit durch einen gesunkenen Wasserspiegel sichtbar war (ULLEPITSCH 1864). Es ist also davon auszugehen, dass der Pfahlbau zum Teil sehr seichte Wasserverhältnisse im Bereich der Untiefe hatte und sehr wahrscheinlich auch ein Teil des sehr schlammigen, morastigen Bodens aus dem Wasser geragt hat. Dafür spricht auch die gute Erhaltung der Kulturschicht. Sie ist mit Sicherheit unter Feuchtboden-Bedingungen entstanden, während der Entstehung nicht betreten worden und seither nicht mehr trocken gefallen.

3) Andere Makroreste

Auf Basis der Vermessungen wurde versucht, Hausgrundrisse zu erstellen. Dieser Versuch brachte aber bisher keinen Erfolg. Interessant ist, dass das Verhältnis von Knochen und Kulturpflanzen zueinander ein starkes Übergewicht der Knochen aufweist. Das Tierspektrum anhand der gefundenen Knochen setzt sich aus 2/3 Rothirsch, mit 1/10 Hausrind und auch Schaf/Ziege, Schwein, Reh und Wildschwein zusammen (PUCHER in

CICHOCKI 2003). An Pflanzenresten wurden große Mengen an Haselnussschalen gefunden. Erwähnenswert sind weiters Früchte von *Trapa* (Wassernuss) und einer einzigen verkohlten Getreideähre (mündl. Mitteilung CICHOCKI).

1.2. Archäobotanik

Bei der wissenschaftlichen Untersuchung von Pfahlbauten ist heute eine interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener Fachgebiete notwendig.

Die Archäologie untersucht neben allen Spuren menschlicher Tätigkeit auch menschliche Erzeugnisse (Keramik, Werkzeuge, Artefakte etc.). Die Untersuchung und Bestimmung von Knochen ist Aufgabe der Archäozoologie. Die Archäobotanik beschäftigt sich wiederum mit den Makro- und Mikroresten von Pflanzenüberresten in Zusammenhang mit menschlicher Tätigkeit (Essensreste, Druschreste, lose Funde pfl. Ursprungs, Koprolithen). Die Dendrochronologie bearbeitet gut erhaltene Hölzer von Häusern und anderen Bauwerken zum Zweck einer genauen Datierung. Manche Autoren stellen die Pollenanalyse von Schichten im Rahmen der Untersuchungen von Pfahlbausiedlungen in den Bereich der Archäobotanik (JACOMET 1999). In diesem Fall versteht die Autorin unter Archäobotanik auch die Einbeziehung von Dendrochronologie und Vegetationskunde. Allerdings scheint bei vielen Autoren z.B. KÖRBER- GRÖHNE (1990) der Begriff Archäobotanik noch rein mit der Analyse von pflanzlichen Makroresten verbunden zu sein (Früchte, Samen etc.).

Eine Pollenanalyse kann, aber muss nicht zum selben Zeitpunkt erfolgen, wie vor allem die späteren Analysen an lang bekannten Pfahlbauten im süddeutschen Raum zeigen (MAIER 1995). Dies kann aber auch eine historische Ursache haben, bei den ersten Grabungen die Pollenanalyse noch nicht angewandt wurde oder noch nicht genau genug war. So erscheint es wichtig, dass viele Feuchtbodensiedlungen im Zuge neuer Projekte auch pollenanalytisch nachbearbeitet werden, sollte dies noch nicht geschehen sein und der Standort das zulassen. Da Pollenprofile mittlerweile besser auflösbar sind, bekommen die Auswertungen eine bessere stratigraphische Schärfe und können Veränderungen in kürzeren Zeitperioden sichtbar machen (wenige Jahrhunderte anstatt von Jahrtausenden, JACOMET 1999).

Besonders im Hinblick auf anthropogene Einflüsse sind Pollen und Sporen im Sediment von Feuchtbodensiedlungen und damit auch von Pfahlbauten meist besonders gut erhalten.

Die Pollenanalyse kann Informationen zur Vegetationsgeschichte der Region liefern und gegebenenfalls lokale Veränderungen durch den Einfluss des Menschen in Siedlungszeiten

anzeigen. Ebenfalls kann ein Profil auf Verbreitung und Nutzung von Kulturpflanzen hin untersucht werden.

1.3. Ziel und Fragestellungen der vorliegenden Arbeit

Die pollenanalytischen Untersuchungen des Bohrkerns aus dem Bereich des Keutschacher Pfahlbaus sollen Fragestellungen im Zusammenhang mit den Funden der Grabungskampagnen und Notbergungen klären und zusätzliche Information bringen, die das Gesamtbild erweitern können.

Folgende Fragestellungen sollten im Rahmen dieser Arbeit beantwortet werden:

- Gab es Getreideanbau, und ist dieser durch Pollenkörner von Cerealien nachweisbar?
- Gehen Kulturzeiger über die Kulturschicht hinaus?
- Gibt es eine feststellbare anthropogene Beeinflussung (Kulturzeiger, Rodungshinweise) der Vegetation im Vergleich zu den älteren Schichten?
- Sind die Pollen gut erhalten, d.h. kann selektive Erhaltung ausgeschlossen werden?
- Wie gut lässt sich das Profil mit anderen, etwa gleichaltrigen Profilen in Kärnten vergleichen?
- Welches Bild kann man von der lokalen/regionalen Vegetation zeichnen?

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. Kerngewinnung

Der Bohrkern wurde im 2004 in Zusammenhang mit der Notbergung einer urnenfelderzeitlichen Holzkonstruktion in einem Bereich mit größeren Arealen erhaltener Kulturschicht gestochen.

In diesem Bereich wurde der Kern mit einem Plexiglasrohr als „Stechsonde“ erbohrt und im VERA-Labor der Fakultät für Physik – Kernphysik der Univ. Wien datiert (VERA 2209, 4910+- 25 BP, Jahr 3790-3640 cal. B.C.).

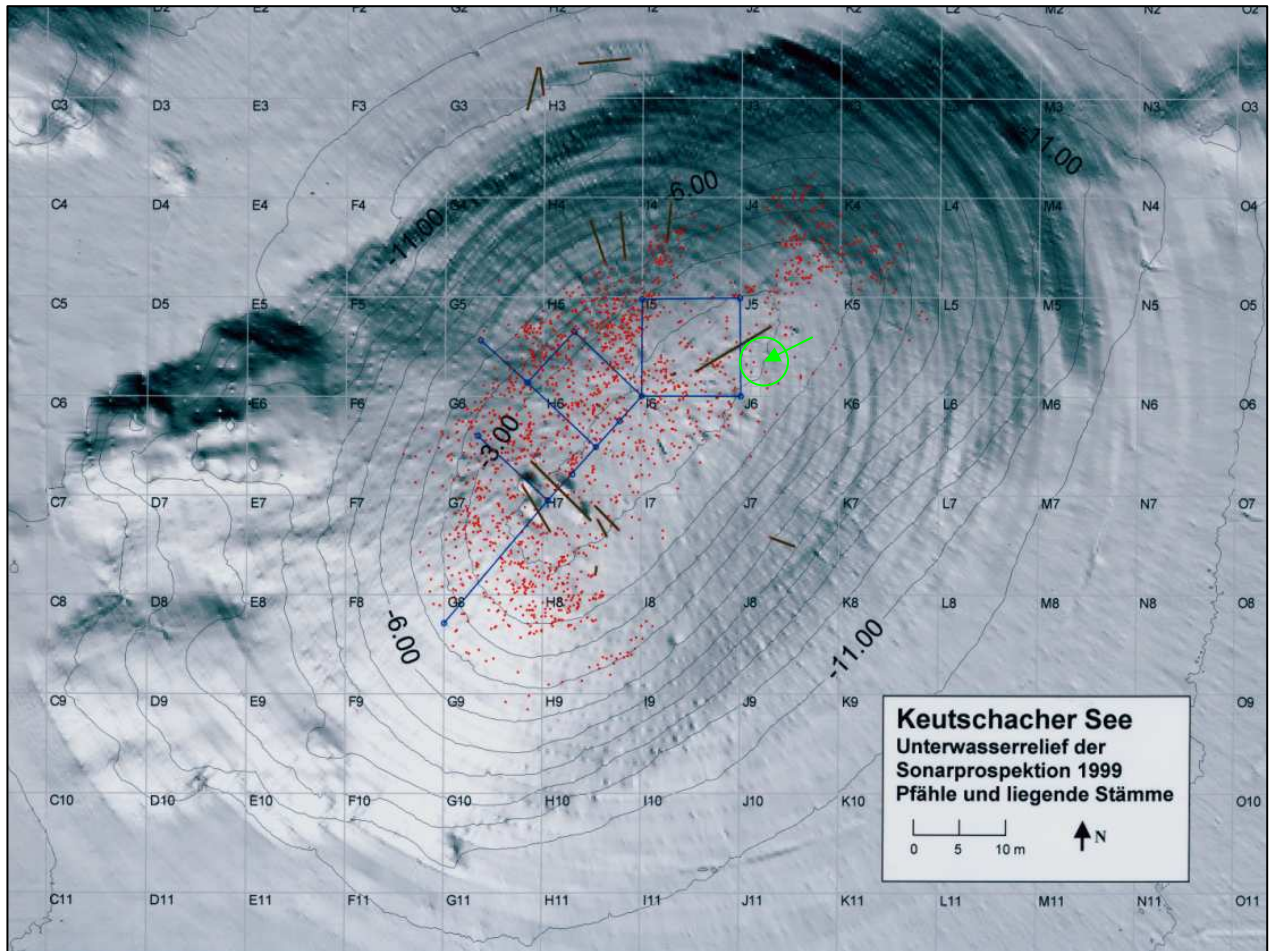


Abbildung 2: Relief der Untiefe mit eingezeichneter Stelle der Probennahme (Pfeilspitze)

Der gewonnene Bohrkern wurde noch in der Plexiglas-Probenröhre an die Universität Wien gebracht und dort einige Wochen langsam getrocknet, da das Sediment mit Wasser gesättigt war. Danach reichte der Volumenverlust des Sediments, um den Kern vorsichtig aus der Plexiglasröhre herauschieben zu können.



Abbildung 3: Kern „Pfahlbau“ in Probenröhre



Abbildung 4: frisch gewonnener Kern

Mit einer Stange wurde der Kern auf sauberes Papier ausgeschoben, um eine erste Begutachtung durchführen zu können:

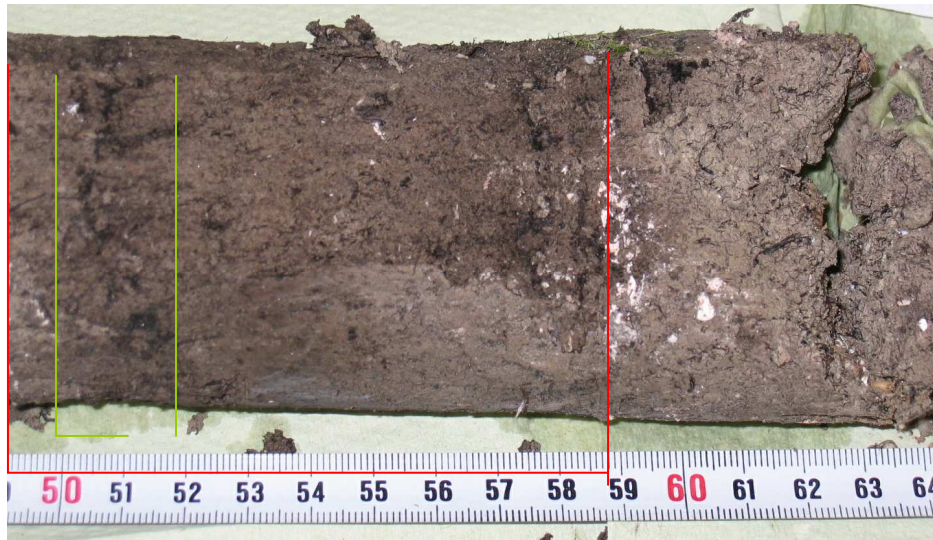


Abbildung 5: angenommene „Kulturschicht“ im Kern(rot) und Übergangszone (grün)

Das erste Interesse galt natürlich der Schicht, die nach der Datierung mit der menschlichen Aktivität auf der Untiefe übereinstimmt. Durch Erosion liegt deren oberes Ende nur wenige cm unter dem aktuellen Seeboden und wird von einer grauen Schicht aus umgelagerten Sedimenten abgeschlossen.

Stückweise Aufarbeitung des ganzen Kerns:

1. Teilstück:

Ansicht der unteren Hälfte des Bohrkerns. Zur Besseren Ansicht ist die äußerste Schicht bereits abgeschabt. „Unten“ ist der tiefste und damit älteste Teil des Kerns. Das „obere“ Ende ist der rezente Seeboden.



Abbildung 6: Kern untere Hälfte



Abbildung 7: Kern 30 bis 40 cm



Abbildung 8: 40-50 cm



Abbildung 9: Oberes Ende, 50-60 cm

Im Zuge der optischen Begutachtung wurde der Kern in folgende Zonen gegliedert und beschrieben. Der Kern besteht zur Gänze aus Seekreide mit wechselndem Anteil an organischem Inhalt.

Die Beschreibung beginnt mit der untersten (= liegenden) Schicht und endet mit der obersten (= hangenden)

Cm 1-4	Dunkelgraue, sandig-tonige Seekreide
Cm 4-9	Hellere Seekreide mit grob humosen Einschlüssen
Cm 9-17,5	Dunkelgraue Seekreide, stark humos, bröckelig
Cm 17-23	Düнкler, humos, mit kohligen Anteilen
Cm 23-45	Hellere Seekreide, leicht humos, teilweise mit kleinen Muscheln durchsetzt
Cm 45	Grenzschrift, stark humos, viele Pflanzenreste und Kohle
Cm 45-51	Dunkle, humose Seekreide, viele organische Einschlüsse
Cm 51-52	Grenzschrift, humos, viel Holzkohle Untergrenze Kulturschrift
Cm 52-59,5	Kulturschrift, einheitlich dunkel, humos
Cm 59,5-61	Hellere Seekreide mit Schnecken und Muscheln
Ca Cm 61-63	Vielleicht schon allochthon - ebenfalls helle Seekreide mit Muscheln und Schnecken
Cm 64 u 65	Heutiger Seeboden mit Muscheln, Sand und Schnecken

Tabelle 1: Stratigrafie

2.2. Aufbereitung des Kerns für die Pollenanalyse

Nach der Dokumentation der Stratigrafie wurde mit der Gewinnung der Proben begonnen. Da nur in ausreichend feuchtem Sediment die Pollen keinen Schaden nehmen, sollten die Proben zügig bearbeitet werden. Da der Kern aus relativ lockerem Sediment bestand, wurden nicht einzelne Proben mit einem Probenstecher entnommen, sondern der ganze Kern in 1 cm dicke Scheiben zerlegt. Diese Scheiben wurden jeweils mit einem sauberen, scharfen Messer

abgeschnitten, in einem Plastiksäckchen luftdicht verpackt und durchnummeriert. Um Verunreinigungen des inneren Teils des Bohrkerns einer jeden Scheibe zu verhindern, wurden vorher einige mm des äußeren Kernmantels rundherum abgeschabt.

Für die Standardisierung des Modells- üblicherweise ist in einem Pollenprofil die Hangende Lage der Beginn- so wurde die Nummerierung umgearbeitet und die Proben korreliert:

-----	Cm 0-5 allochtones Lockermaterial (Mulch) und dunkelgraue Seekreidereste mit Muscheln durchsetzt – heutiger Seeboden
Pr 54	Cm 6 – Anfang des festen Kerns, noch etwas allochthones Material mit der dunklen Seekreide durchmischt
Pr 53	Cm 7 dunkelgraue Seekr., möglicherweise Ende des Durchmischungshorizonts
Pr 52	Cm 8 Übergang Kulturschicht – dunkelgr Seekr.
Pr 51-45	Cm 9-15 Kulturschicht -dunkel humos
Pr 44	Cm 16 stark humose und mit viel feiner Holzkohle durchsetzte Übergangssch. zur dunkleren „Kulturschicht“
Pr 43-40	Cm 17-20
Pr 39	Cm 21 dunkelgraue, humöse Schicht mit viel Holzkohle und Kleingrus
Pr 38	Cm 22-23,5 grober Übergang, sehr grobes Sediment, sehr humos, Holzkohle und kleine Holzstückchen
Pr 37	Cm 23,5-24 Grenzsicht
Pr 36-33	Cm 24 -27 bräunliche Seekreide
Pr 32-29	Cm 28-31 hellbräunliche Seekreide
Pr 28	Cm 32 u.32,5a Übergangszone hellgraue Seek.- hellbraune Seek.
Pr 27	Cm 32,5b u. 33
Pr 26-Pr 18	Cm 34 bis inkl. Cm 42 hellgraue Seekreide
Pr 17	Cm 43 u 43,5a stark humose Übergangsschicht, viele makro Pfl.reste
Pr 16	Cm 43, 5 b u. 44
Pr 15- Pr 11	Cm 45 bis inkl. Cm 49
Pr 10	Cm 50- 53 durch humose Einschlüsse und Muscheln

	zerbröckelt
Pr 9- Pr 5	Cm 54 bis inkl.58: graue Seekreide
Pr 4- Pr 1	Cm 59 bis inkl. 62 dunkelgraue Seekreide/ Untere Grenze Kern

Tabelle 2: Referenzliste Proben

2.3. Aufbereitung der Proben

Die Proben wurden nach dem am Institut für Paläontologie/Paläobotanik etablierten Standardverfahren aufbereitet (FERGUSON et al. 2007), das sich aber in einigen Schritten von in Lehrbüchern angegebenen Verfahren unterscheidet (JACOMET 1999). So wird etwa nicht mit Fuchsin gefärbt, da die braune Färbung der Pollenwand durch die Acetolyse in dem meisten Fällen ausreicht, um einen guten Kontrast für die lichtmikroskopische Darstellung zu erhalten.

Zeitprotokoll	Methode
	Trockene Probe im Mörser zermahlen und durch ein Sieb passieren um grobe Reste auszusortieren
Hier nicht angewendet	Falls stark silikatisch: müsste die Probe mit HF gekocht werden
Ca 5 min	Mit HCl kochen (bis die Probe zerfällt), um Karbonate zu lösen
	Nach dem Kochen wird die HCl dekantiert und die Proben werden mit destilliertem Wasser aus der Spritzflasche vorsichtig vom Becherglas in eine Zentrifugeneprouvette überführt.
	Wenn viel grobes organisches Material enthalten ist, sollte die Probe nochmals durch ein Sieb in ein Becherglas passiert werden.
4 x	Proben zentrifugieren, das H ₂ O-HCl-Gemisch abkippen (180°) und mit

	destilliertem Wasser spülen. Dabei jedes Mal die Probe mit einem Glasstab umrühren, damit die HCl besser ausgeschwemmt wird.
Acetolyse: Chlorierung 3-5 Minuten unter Rühren in einem Wasserbad aufkochen	Probe mit ca. 1 cm Eisessig überschichten, dann bis 2 cm unter den Rand frisch zubereitete kaltgesättigte NaClorat Lösung darüber schichten. Zuletzt mit Glasstab 2-3 Tropfen conc. HCl einrinnen lassen. Danach aufkochen.
3-4 x	Bei 2000 U/min 20 sek. zentrifugieren, die übrig gebliebene Flüssigkeit abkippen und die Probe mit H ₂ O auswaschen- Bis sie aufhört zu schäumen
1x	Mit Eisessig auswaschen – mit Glasstab gut umrühren, damit auch alles H ₂ O entfernt wird. Zentrifugieren und Eisessig abkippen.
Acetylierung 4-5 min im H ₂ O Bad unter rühren kochen.	Präparation des Schwefelsäuregemisches: 9 Teile Essigsäureanhydrid und 1 Teil H ₂ SO ₄ vorbereiten und gut durchmischen. Damit werden die Probenröhrchen bis max. 2 cm unter den Rand angefüllt. Danach kochen. (Probe sollte zur Kontrolle dunkel bis schwarz werden)
30 bis 40 sec.	Gut abzentrifugieren, 3000- 4000 Umin- denn das Gemisch hat eine hohe Dichte
1x	Abkippen und mit Eisessig auswaschen
4x	Mit destilliertem H ₂ O auswaschen und abzentrifugieren
Hier nicht angewandt	Manchmal ist eine noch eine Schwereretrennung notwendig (mit Zinkbromid). Das würde die organische von der anorganischen Fraktion trennen.
	Nach dem letzten Abzentrifugieren wird

Fertige Probe	wieder um 180° abgekippt. Der „Bodensatz“ ist die relevante Probe und wird mit einigen Tropfen Glyzerin in Suspension gebracht.
---------------	---

Tabelle 3: Probenaufbereitung

Üblicherweise wird das Glyzerin-Proben Gemisch in kleinen Glasröhren mit dicht schließendem Plastikstoppel aufbewahrt, um eine sekundäre Verschmutzung zu verhindern. Wenn die die Proben aber sofort weiterbearbeitet werden, können sie in den Eprouvetten belassen werden und erst später in Glasröhren zur Lagerung überführt werden. Wichtig ist die sofortige Kennzeichnung mit einem Lackstift, um Verwechslungen auszuschließen.

2.4. Mikroskopieren und Auszählen

Präparation zum Auszählen:

Um eine Probe Auszählen, werden einige Tropfen der Suspension benötigt. Zu diesem Zweck werden Pipettenröhrchen aus hohlen, 4-5 mm im Durchmesser betragenden, Glasröhren hergestellt. Über einer Bunsenbrennerflamme werden die Glasröhren solange erhitzt, bis die erhitzte Stelle zu schmelzen beginnt und sich auseinander ziehen lässt. Mit einer auf dieser Weise hergestellten Pipette lassen sich viel kleinere Tropfen auftragen. Vor dem Auftragen einer Probe muss zuerst die Suspension gut durchmischt sein, um eine statistische Verteilung von Pollen und Sporen zu gewährleisten. Dies kann durch einfaches Umrühren geschehen, aber noch besser durch Benützung der Pipette als „Strohalm“: vorsichtig wird etwas Luft eingeblasen um durch die Turbulenzwirkung der Bläschen eine optimale Suspension zu erzielen. Durch den Kapillareffekt bleibt in der Pipette ohnehin ein kleiner Tropfen zurück. Dieser kann auf einem Glasobjektträger ausgestrichen werden. Bevor eine Bahn zum Zählen ausgestrichen wird, sollte unter dem Mikroskop kontrolliert werden, wie dicht die Konzentration ist. Gegebenenfalls können Glyzerintropfen oder mehr Probentropfen aufgetragen werden. Jetzt wird eine Bahn gleichmäßig mit einer Präpariernadel auf dem Objektträger ausgestrichen. Die ausgestrichenen Proben werden nicht mit einem Deckglas überdeckt.

Auszählen:

Eine Probe wurde auf mindestens 400 Pollenkörner ausgezählt. Auf einem seitenrichtigen Mikroskop wurde in vertikalen Bahnen jede Probe bei 200-facher Vergrößerung ausgezählt.

Zur Begutachtung einzelner Pollenkörner, die nicht in Ideallage vorlagen, wurde eine Präpariernadel verwendet, an deren Spitze ein Augenbrauenhaar aufgeklebt ist (hat eine feine, flexible Spitze). Damit lassen sich Pollenkörner gut manipulieren. Danach wurden sie unter 400- facher Vergrößerung oder höher identifiziert. Die Identifikation erfolgte anhand von Bildtafeln, die von Prof. ZETTER für die pollenanalytischen Übungen des Instituts erstellt worden sind. Zur Ergänzung kam der Leitfaden von BEUG (2004) zur Anwendung.

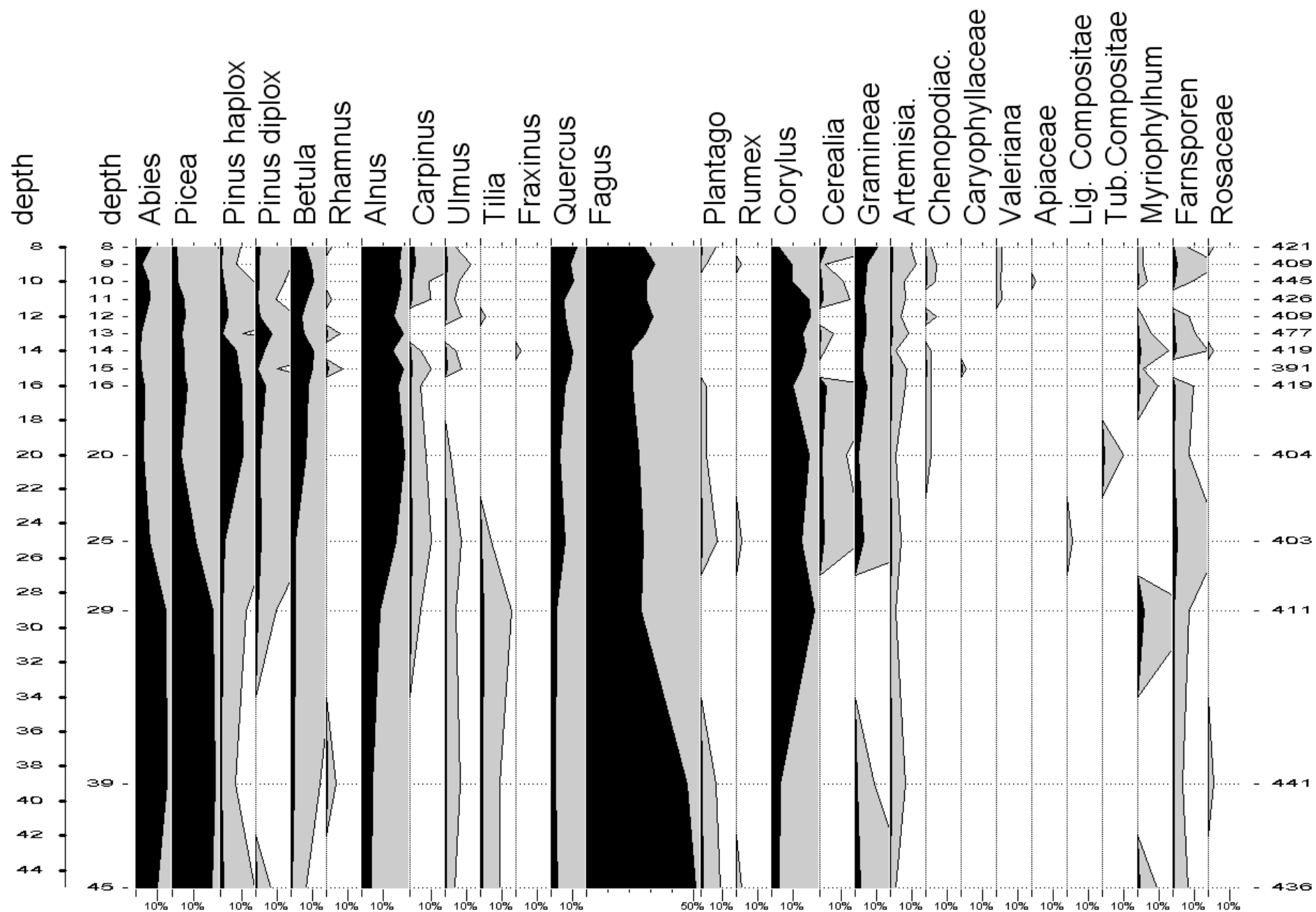
REM:

Die Methodik der REM Präparation und REM Mikroskopie folgt auch der am Institut etablierten Methode (ZETTER 1989, FERGUSON et al 2007).

Für das REM sind einzelne, besonders gut erhalten Pollenkörner mit der Präpariernadel + Haar aus der Probe gefischt worden und danach in einen kleinen Tropfen Glyzerin auf einem Objektträger „zwischengelagert“ worden. Dann wurden sie wieder mit der speziellen Präpariernadel auf ein REM-Tischchen, auf dem vorher ein Tropfen Ethanol absolut appliziert wurde, transferiert. Zwischen 5 und 10 Pollen wurden so auf ein Tischchen gebracht. Mit Hilfe eines „Sputter- Coaters“ wurde eine dünne Gold Schicht aufgebracht. Schließlich wurden die Pollen im Elektronenmikroskop bei 10 KV fotografiert.

Elektronische Datenverarbeitung und Diagrammplotting

Die Diplomarbeit wurde unter Verwendung von Microsoft Word 2003© erstellt. Zur Berechnung des Diagramms diente das Programm POLPAL von NALEPKA D. & WALANUS A. (2003). Dieses zeichnet sich durch einfache Übernahme der Daten aus einer Exceltabelle aus.



3. ERGEBNISSE

3.1. Pollendiagramm

3.2. C₁₄ Datierung und Pollenzonen

Die C₁₄ Datierung ergibt für die Kulturschicht ein Datum VERA 2209, 4910 \pm 25 BP, Jahr 3790-3640 cal. B.C.. Diese Zeit entspricht in der archäologischen Epocheneinteilung dem Jungneolithikum.

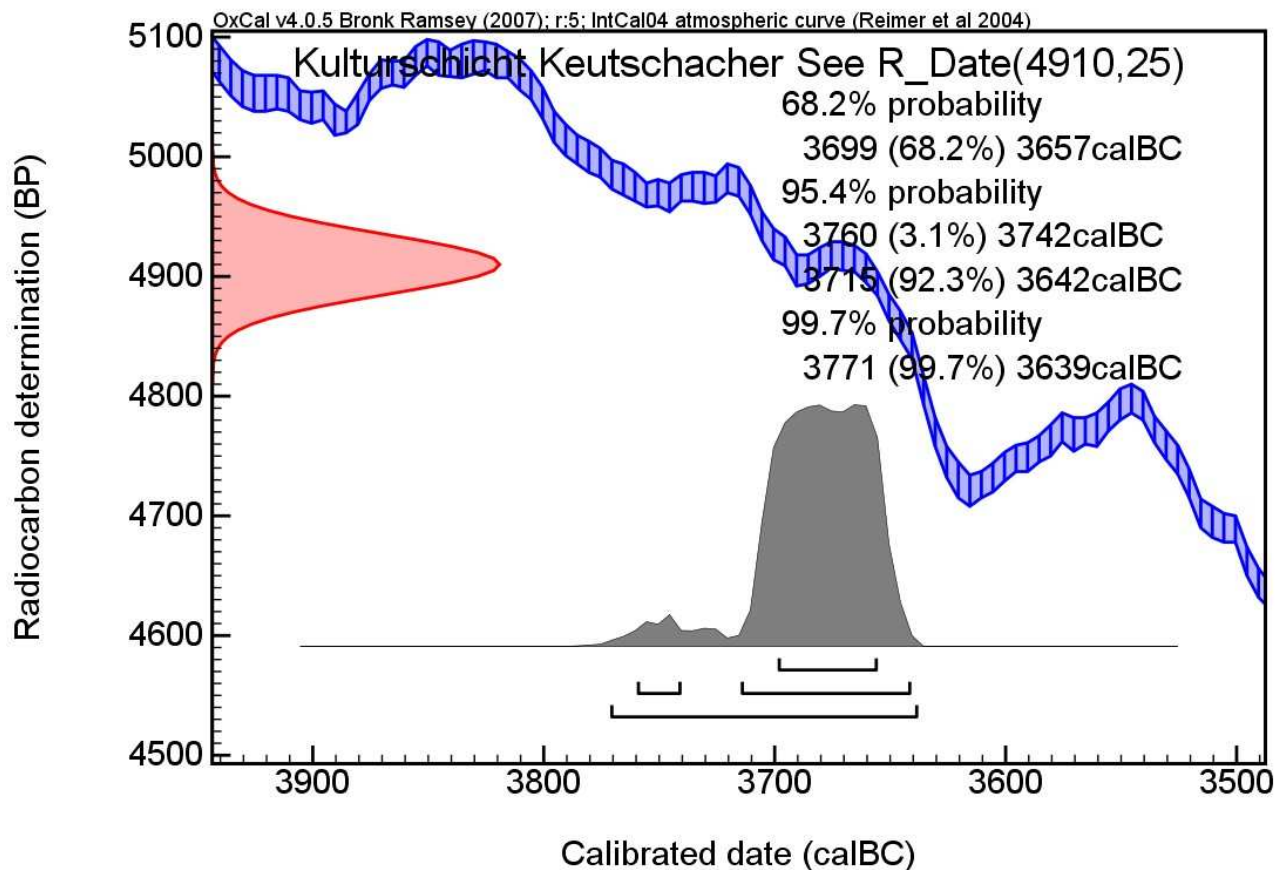


Abbildung 10: Kalibriertes C₁₄ Datum nach OXCAL (BRONK&RAMSEY 2007)

In den Pollenzonen nach FIRBAS fällt diese Epoche in das jüngere Atlantikum, das wäre in Mitteleuropa nördlich der Alpen die EMW-Zone. Wie jedoch FRITZ (1967) festgestellt hat gibt es in Kärnten bedeutende Abweichungen die in Kapitel 4.5 genauer besprochen werden. Er hat für Kärnten eine an die FIRBAS'schen Pollenzonen angelehnte neue Einteilung vorgeschlagen, die auch hier

aussagekräftiger scheint und daher Verwendung findet. Siehe auch Abbildung 12: Tabelle aus FRITZ (1967) Parallelisierung der Vegetationsgeschichte der verschiedenen Regionen.

3.3. Diagrammbeschreibung

Das Diagramm wird von dem Liegenden ins Hangende beschrieben, d.h. die Zone 2 ist die ältere Zone, die noch eine deutlich andere relative Häufigkeit der Baumelemente aufweist.

3.3.1. Zone 2 Buchen Tannen Fichten Phase (*Picea* Phase nach FRITZ)(45-29 cm)

Die Zone 2 ist durch die absolute Dominanz von *Fagus* charakterisiert, welche allerdings gleich zu Beginn ihr Maximum (50%) hat und bis hin zum Zonen Ende abfällt (auf 28%). Gleichmäßig hoch und gleich nach der Buche sehr bezeichnend sind die Werte von *Abies* und *Picea*. *Abies* steigt im ersten Drittel von 10 auf 14% um bis zum Ende der Zone auf diesem Plateau zu bleiben. *Picea* bleibt auf hohem Niveau praktisch gleich (17-18%). *Quercus* (3%) und *Betula* (1-2%) sind zwar kontinuierlich vertreten, aber auf sehr geringem Niveau. Eine prozentuelle Zunahme zeigen *Alnus* und *Corylus*. *Alnus* steigert sich gleichmäßig von 5 auf 10%. *Corylus* bleibt im ersten Drittel bei 4-5% um sich dann kräftigt bis zum Ende der Zone 2 zu steigern (19%), was sich mit dem zeitgleichen Abfall der *Fagus* Kurve deckt. Insgesamt ist es ein wesentlich artenärmerer Wald mit hoher Dichte, viele krautige Elemente sind nicht vorhanden. Interessant ist aber das durchgehende Vorkommen von *Ulmus* und *Tilia*, wenn auch nur bei 1-2%. An Kulturzeigern gibt es bis auf vereinzelte Funde anderer Gattungen (*Rumex*) nur *Artemisia* und *Plantago* in geringen Werten. *Gramineen* sind auch nur schwach vertreten und kommen an der Grenze zu Zone 1 gar nicht vor. Der Übergang der Zone 2 in die Zone 1 ist hauptsächlich durch den starken Abfall der *Picea* und *Abies* Kurve und das Aufkommen von *Alnus* gekennzeichnet.

3.3.2. Zone 1 *Fagus* (*Abies/ Picea*) Phase (29-8 cm)

Die Buche als Hauptelement der Baumpollen dominiert diese Phase (sie erreicht immer Werte über 20%), wenn auch *Alnus* (15-20%) und *Corylus* (5-19%) ziemlich codominant sind. Zu Beginn ist allerdings *Alnus* noch schwach vertreten und dafür sind *Picea* mit knapp 18% und *Abies* mit 13% noch wichtige Elemente. Danach spielen sie eine untergeordnete Rolle. Die Buche beginnt mit 28% um dann langsam auf 20% abzufallen, steigt aber dann im letzten Viertel der Kurve sprunghaft auf 30%. Dennoch liegt *Fagus* im Vergleich zur Zone 2 20% unter dem Maximum. Bemerkenswert ist der

Aufschwung von *Alnus*, der genau zum Zeitpunkt des markanten *Abies* und *Picea* Rückgangs am Anfang der Kurve auf einem Wert von 10% einsetzt und im weiteren Verlauf der Kurve in der Mitte (20cm) bei 19% sein Maximum hat (sowohl *Picea* als auch *Abies* erreichen dort gemeinsam fast ihren Minimalwert bei 3 und 5%). *Picea* und *Abies* stellen wie schon erwähnt zu Beginn ein wichtiges Element, fallen aber steil auf unter 10% ab, wo sie dann in einer unruhigen Kurve bei 3-8 % verharren. Kurz vor Ende fällt *Picea* ab und *Abies* steigt wieder an, wenn auch nur auf 7-8%. *Corylus* beginnt mit dem Maximum von 19%, verläuft zwischen 10 und 18% sehr unruhig um dann im letzten Viertel sukzessive auf ein Minimum von unter 5% abzufallen.

Die Elemente des Mischwaldes sind bis auf *Quercus* selbst unbedeutend vertreten. *Quercus* hat in der Zone 1 eindeutig die stärkste Verbreitung und steigt zu Beginn sanft auf 7% an, bewegt sich dann in diesem Bereich etwas unruhig weiter um zu Ende das Maximum von 12% zu erreichen. *Tilia*, *Ulmus* und *Carpinus* bewegen sich in dem 1% Bereich, wobei die Kurven manchmal unterbrochen sind und in manchen Proben nur einzelne Pollenkörner gefunden wurden. *Betula* ist ziemlich gleichmäßig unter 5% zu finden, gegen Ende schlägt die Kurve aber stärker aus.

Kräuter und Besiedlungszeiger sind allgemein sehr schwach vertreten, aber doch deutlich vorhanden.. *Gramineen* und Kulturgräser setzen kurz nach Beginn der Zone ein. Die Kulturgräser bilden auch keine geschlossene Kurve, sind aber definitiv vorhanden und zeigen eine gewisse Korrelation mit der *Gramineen* Kurve. Ganz am Ende der Kurve (8cm) ist sowohl das Kulturgras Maximum (4%) als auch das scharf angestiegene *Gramineen* Maximum (ca 10%). Kräuter wie *Valeriana*, *Artemisia*, *Plantago* und *Compositae*, die durchaus als Kulturzeiger zu betrachten sind, kommen immer nur spärlich vor, meist eines bis einige wenige Pollenkörner je Probe. Einen Ausreißer bildet das aquatische *Myriophyllum*, das genau zu Beginn der Zone bei 29 cm plötzlich sein Maximum von 3% aufweist und sonst in dem ganzen Profil nur vereinzelt vorkommt.

4. DISKUSSION

4.1. Pollendiagramm von SCHMIDT (1965) Keutschacher Moor

Helmut SCHMIDT hat 1965 im Rahmen der Dissertation das Moor der östlichen Verlandungszone des Keutschacher Sees untersucht. Dabei wurden 4 Bohrkerne abgeteuft. Der Kern *Keutschachersee II* weist eine vergleichbare C₁₄ Datierung auf und wurde deshalb zum Vergleich der pollenanalytischen Daten herangezogen.

Der Kern *Keutschachersee II* ist in 210 cm Tiefe auf 4160 +- 100 (allerdings 99,7%: 5476 bis 4798 cal BC) Jahre datiert, die Kulturschicht in dem Kern aus dem Pfahlbau im Keutschacher See beginnt rund 500 bis 1000 Jahre später- ein direkter Vergleich der Kurven ist möglich. Allerdings muss

beachtet werden, dass die Sedimentation in einem Verlandungsmoor durch den biogenen Eintrag der lokalen Pflanzengesellschaften um ein vielfaches höher ist, als die vergleichsweise geringe Sedimentation in einer Kulturschicht, die im wesentlichen durch den Menschen verursacht wird. Das neuerstellte Pollendiagramm wird im Folgenden pollenanalytischen Vergleich als Profil „*Pfahlbau*“ bezeichnet.

Auch wenn SCHMIDT alle 10 cm Proben genommen hat, verlaufen seine Kurven viel gestreckter im Vergleich zum Profil der Kulturschicht aus *Pfahlbau*, die in 1 cm Abstand erfolgten. Natürlich sind aufgrund anderer lokaler Bedingungen (Erlenbruchwald) nicht alle Taxa und deren Kurven gänzlich vergleichbar. Regionale Elemente sollten aber vergleichbare Tendenzen zeigen. Außerdem muss davon ausgegangen werden, dass in einer Feuchtbodenerhaltung im Seesediment möglicherweise andere Eintrags- und Erhaltungsbedingungen geherrscht haben und daher nur relative und nicht absolute % Werte verglichen werden können.

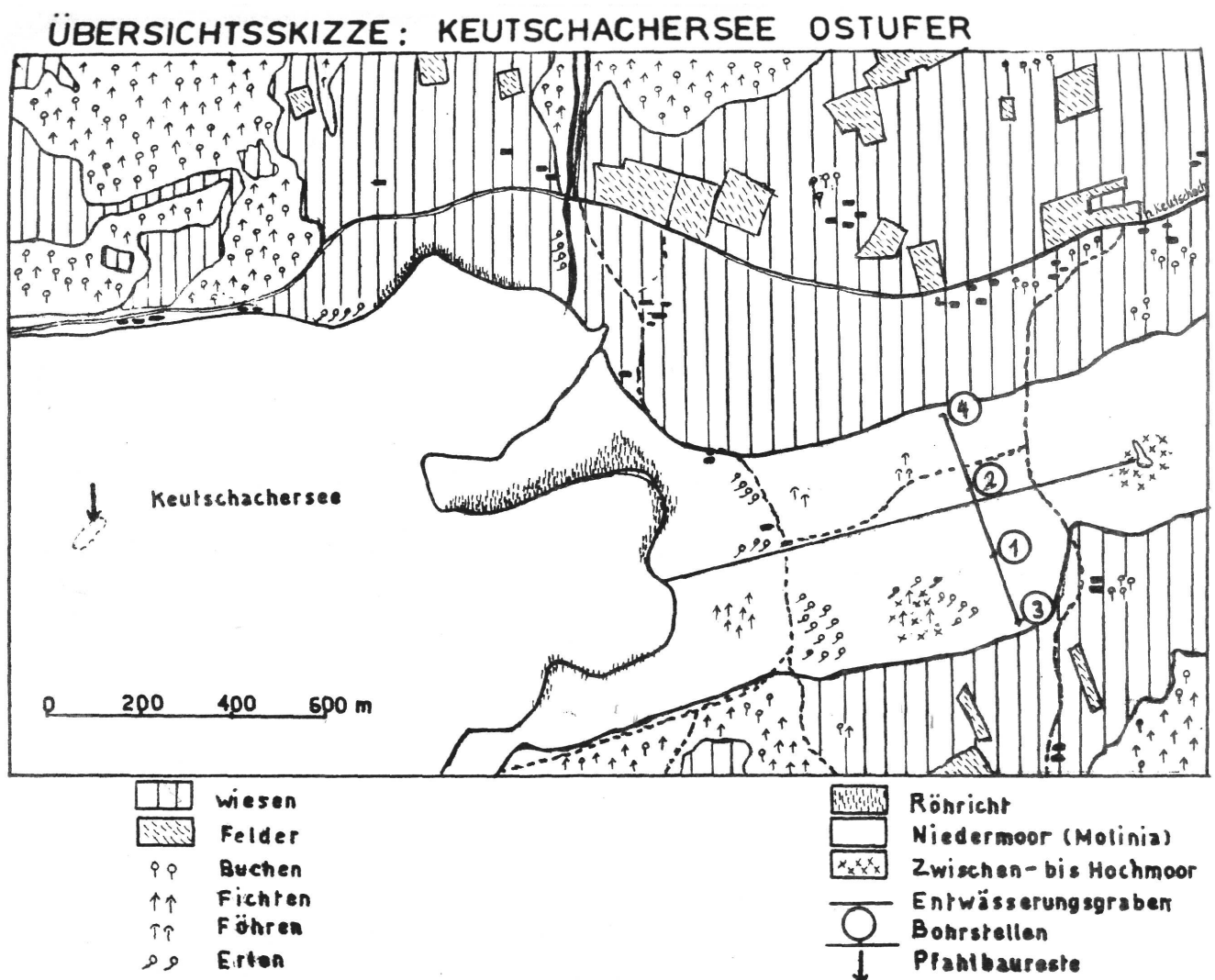


Abbildung 11: Übersicht Keutschacher See und Verlandungsbuch mit Bohrstellen aus SCHMIDT (1965) Der Kern KeutschacherseeII entspricht der Bohrstelle 2.

So kann die der *Corylus* Gipfel bei 220 cm (*KeutschacherseeII*) auch in dem Pollenprofil *Pfahlbau* bei cm 29 nachgewiesen werden und weist auch in beiden Profilen etwa gleiche Werte um 17% auf. Diese befinden sich in der Mitte der Pollenzone VII nach FIRBAS, also jüngeres Atlantikum. Die hohen Fichtenwerte von 28% (*KeutschacherseeII*) werden mit 17% im Pfahlbauprofil nicht ganz widerspiegelt, aber ebenfalls hoch. Einen großen Gegensatz ergeben die Buchenwerte. In *Keutschachersee II* sind nur Werte unter 5% zu erkennen, während diese im Profil *Pfahlbau*. auf 28% steigen.

Der Beginn der Kulturschicht kann bei 190 cm (*KeutschacherseeII*) und 16 cm (*Pfahlbau*) angenommen werden:

Erstens beginnt die Phase des Erlenbruchwaldtorfes in der Verlandungszone, für die schon SCHMIDT ein wesentlich trockeneres Klima und daher auch tiefern Seespiegel annahm. Zweitens ist diese Schicht im Kern *Keutschachersee II* bereits 20 cm nach der C₁₄ Datierung und man kann daher aufgrund der hohen Sedimentationsrate schließen, dass der Zeitbereich rund um den Beginn der Siedlungstätigkeit (~ 4000v Chr.) liegen sollte, was auch in der möglichen Synchronisierung leitender Kurventendenzen aus der Kulturschicht des Profils *Pfahlbau* widerspiegelt wird.

Alnus und *Corylus* haben trotz des Beginns des Erlenbruchwaldtorfes einen signifikanten Einschnitt in den Kurven (*Keutschachersee II*), der auch im Kern (*Pfahlbau*), wenn auch schwächer, vorhanden ist. Es beginnt auch ein tendenzieller Anstieg der *Quercus* Kurve, der sich in beiden Diagrammen bis fast zum Ende des Erlenbruchwaldtorfes fortsetzt. Interessant ist, dass die Werte der Hasel und der Erle in *Pfahlbau* während der Kulturschicht grob in dem selben Anteilsbereichen liegen (10-20%), wobei *Alnus* eindeutig die höheren Werte zeigt, im Kern *Keutschachersee II* aber *Alnus* immer deutlich über 20% liegt, *Corylus* aber nur zwischen 5 und 10%. Möglicherweise bewirkt der lokal verstärkte Pollenflug von *Alnus* im Bruchwald die höheren *Alnus*-Werte im Profil *Keutschach II*.

4.1.1. Allgemeine Beschreibung des Vergleiches der beiden Diagramme zwischen 190 und 140 cm *KeutschacherseeII* / bzw 16 und 8 cm Kern *Pfahlbau*

Bei 190 cm setzt im Kern *KeutschacherseeII* auch der erste Anstieg der Buchenkurve auf 10% ein (etwa gleichzeitig mit dem Beginn der Kulturschicht im Profil *Pfahlbau*). Das ist deshalb interessant, weil vorher kein nennenswerter Buchenanteil zu bemerken ist, jedoch im Profil *Pfahlbau* die Buche bereits in auf 45 cm innerhalb dieses Profils das Maximum bei 50% hatte, was aber 30 cm tiefer als der Beginn der Kulturschicht ist und älter sein muss. Bei 16 cm liegt der Anteil von *Fagus* auf 20%. Die relative *Fagus*kurve setzt sich bei beiden Kernen in ähnlicher Weise fort. Zuerst ein leichter Anstieg ,

dann ein kleiner Einbruch und wieder ein leichter Anstieg, wobei wieder deutlich zu sehen ist, dass der absolute Anteil von *Fagus* im Diagramm *KeutschacherseeII* 10% niedriger liegt. Dafür liegen die Werte von den *Abies* und *Picea* Kurven im *Keutschachersee II* bei 20% und sind damit viel höher als im Profil *Pfahlbau*. Möglicherweise erträgt die Fichte die sauren anmoorigen Bedingungen leichter und hat rund um die Verlandungszone eine größere Populationsdichte. Zum Vergleich: im Diagramm *Pfahlbau* liegt *Abies* bei 5-10%. Jedoch stimmen beide Diagramme darüber ein, dass der EMW Anteil sehr gering ist und hauptsächlich von *Quercus* getragen wird. *Betula* ist in *KeutschacherseeII* in diesem Zeitabschnitt (190- 140cm) bis auf Einzelfunde nicht vorhanden, hingegen liegt *Betula* im Kern *Pfahlbau*, bis auf einen Rückgang in der Mitte der Kurve über 5%.

Dieser Vergleich zeigt, wie stark lokale Bedingungen (Erlenbruchwald und Lage inmitten einer großen Verlandungszone) und unterschiedliche „Pollenfallentypen“ (limnisch/ terrestrisch) das Diagramm beeinflussen können. Es ist auch nicht zu vernachlässigen, dass die Stelle der Probennahmen für die Keutschachersee Profile von SCHMIDT immerhin 1,8 km östlich von der Untiefe liegen und die Hauptwindrichtung von West nach Ost liegt (mündl. Mitteilung CICHOCKI). Naturgemäß werden sich windbestäubte Baumpollen mit besserer Produktivität regional ähnliche Tendenzen zeigen. Wie noch in Kapitel 4.4 besprochen wird, sind Kulturzeiger in dieser Zeit meist sehr lokal begrenzt und zeigen schlechte Verbreitungseigenschaften. Dies gilt auch für die meisten anderen Kräuter. Noch dazu scheint *Alnus* im Bereich der Verlandungszone *Corylus* und *Betula* verdrängt zu haben. Bezieht man die lokalen Gegebenheiten mit dem möglicherweise anderen Selektionsverhalten von Polleneintrag im See in den Vergleich mit ein, ergeben sich durchaus parallele Tendenzen einiger Gehölzkurven im größeren regionalen Zusammenhang (*Quercus*, *Alnus*, *Fagus*, *Picea*, *Abies*). Kräuter treten in beiden Kernen so spärlich auf, dass ein Vergleich bestenfalls auf ein Vorkommen oder Fehlen möglich wäre. Überraschend in dieser Hinsicht ist das doch deutliche Vorkommen von Compositen in der Verlandungszone in der fraglichen Zeitperiode, von denen im See nur sehr vereinzelt Pollenkörner gefunden wurden. Dies deutet entweder auf ein lokales Vorkommen im Inneren der Verlandungszunge oder sehr selektive Verbreitung hin, denn der Erhaltungszustand der gefundenen PK war sehr gut.

Wichtig in diesem Zusammenhang mit der Deutung des Pfahlbaus ist die Vegetationsveränderung zu einer Ausbreitung von Erlenbruch in der Verlandungszone, was die These eines niedrigeren Seespiegels stützt.

4.1.2. Ein Vergleich mit dem Dobramoos

BORTENSCHLAGER (1966) untersuchte das Dobramoos in Hinblick auf die Vegetationsgeschichte Kärntens. Leider fehlen die Schichten des jüngeren Atlantikums und des Subboreals durch Abtorfung. Insgesamt hat BORTENSCHLAGER fünf Kerne abgetauft. Der Bohrkern IV hat ein C₁₄ Datum, das

auf 5076 bis 4365 cal (99,5%) BC kalibriert wurde und eine gute Einordnung des Buchengipfels direkt darüber ermöglicht. Der Hiatus im hangenden allen Dobramoos Profilen, der den abrupten Übergang von Zone VII zu Zone X markiert liegt in derselben Zeitperiode wie das hangende Ende des Profils *Pfahlbau*. Nur die Proben 60 cm, 50 cm und 40 cm des Kernes IV, der zum Vergleich herangezogen wurde, liegen im selben Zeitbereich wie die Kulturschicht des Profils *Pfahlbau*. Somit liegt die zeitliche Auflösung des Profils *Dobramoos IV* mit 10 cm wesentlich unter dem des Pfahlbauprofils, auch wenn die Streckung der Kurve durch die höhere Sedimentation im Dobramoos berücksichtigt wird. Es lassen sich jedoch gleiche Tendenzen gut lesen, wenn auch die Kurven im Profil *Dobramoos IV* stärker ausschlagen. Das Dobramoos liegt auf 900 m und begünstigt daher die Fichte vor der Buche, obwohl diese im Atlantikum auch kräftig aufkommt. Außerdem spielt *Pinus* eine wesentlich wichtigere Rolle als bei den Diagrammen am Keutschacher See, was aber unter anderem auf die Höhenlage zurückzuführen sein könnte. Diese Kurven lassen sich nicht vergleichen, da sie lokal bedingt andere Verläufe zeigen. *Picea* liegt im Dobramoos immer 10 bis 20% über den Werten der Buche und stellt das dominante Baumelement. Interessant ist jedoch auch hier die *Quercus* Kurve, die zu Beginn des Atlantikums einen sanften Anstieg der Werte zeigt und mit den anderen Diagrammen *KeutschacherseeII* und dem Profil *Pfahlbau* auch im weiteren Verlauf in der Kulturschicht übereinstimmt. Allerdings hat *Quercus* im Dobramoos nur einen niedrigen Prozentanteil, 2-4%. Das lässt darauf schließen, dass *Quercus* sehr gleichmäßig in der Waldgesellschaft aller drei Standorte verteilt war und es in der Erhaltung und in dem Eintrag der Pollenkörner keine allzu großen Unterschiede gab. *Fagus* hat im Profil *Dobramoos IV* einen plötzlichen Gipfel bei 70 cm (17%), der bis auf 60 cm (9%) wieder stark abfällt und dann bis cm 40 (letzte Probe vor dem Hiatus) wieder steil ansteigt (20%). Die gleiche Tendenz zeigt auch das Profil *Pfahlbau*, wenn auch aufgrund mehrerer Proben nicht so drastisch. Die Buche hat im Vergleichszeitraum (Buchengipfel *Dobramoos IV*) im Profil *Pfahlbau* ein starkes Vorkommen bei cm 20 und 25 um die 25% um langsam aber stetig auf unter 20% zu Beginn der Kulturschicht abzufallen. Dann steigt *Fagus* bis zum Ende der Kulturschicht schnell (Profil *Pfahlbau*) auf 30% an. *Alnus* steigt in *Dobramoos IV* erstmals stärker von 5% (cm 70) bis 10% (cm 40) an. Dieser Anstieg hat im Profil *Pfahlbau* bereits etwa 1000 Jahre früher stattgefunden und lokal bedingt (Erlenbruchwald) auch mit 20% (cm 20) ein höheres Plateau erreicht. In *Dobramoos IV* beginnt mit cm 50 die durchgehende *Artemisia* Kurve, aber andere Kultur und Weidezeiger bleiben noch bis Zone X (historische Zeit) nach dem Hiatus aus, Gramineen sind jedoch reichlich vorhanden. Dies kann aber durchaus mit der Verlandungssituation und den damit verbundenen Grasgesellschaften im Moor erklärt werden.

4.2. Der Vergleich mit der Situation im jungneolithischen Pfahlbau Ödenahlen (Federsee, Oberschwaben)

Zu Beginn muss festgehalten werden, dass die Pfahlbaustation im Keutschacher See insofern eine Sonderstellung hat, als sie weit draußen im See liegt und daher nicht mit möglichem Kulturland direkt in Verbindung steht. So müssen alle Pollen entweder anthropogen eingebracht werden, mindestens 300 m Luftlinie überwinden oder eingeschwemmt werden. Noch dazu gibt es erst von wenigen Pfahlbauten so umfassende palynologische Untersuchungen wie von Ödenahlen am Federsee. Diese ist jedoch eine Uferrandsiedlung, die daher auch direkter mit der Vegetation in Kontakt kommt und auch andere Spuren von anthropogenen Aktivitäten spiegelt, als es im Keutschacher See der Fall sein könnte.

Ödenahlen am Federsee bildet in gewisser Weise also einen Gegensatz zu den Bedingungen am Keutschacher See. Die Untersuchungen von MAIER (1995) haben folgende Ergebnisse gebracht: Von Ödenahlen ist ein Schlagjahr bekannt 3698 v Chr (BILLAMBOZ in MAIER 1995).

In den Untersuchungen ergänzen sich die Pollenanalyse und die botanische Großrestanalyse sehr gut, besonders in der Hinsicht von Getreide. MAIER (1995) stellt den Kern P8 neben den Kern OeLT5 um Vergleiche innerhalb der Siedlung ziehen zu können. P8 wurde innerhalb des Grundrisses eines Hauses erbohrt, während OeLT5 zwar noch innerhalb des Siedlungsbereiches erbohrt wurde und daher auch die Kulturschicht ausweist, aber außerhalb der archäologischen Sondagen lag und daher der Zusammenhang noch unbekannt war. Generell gilt zu sagen, dass in der Kulturschicht eine enorm hohe Kräuterpollenrate von über 70% vorherrschte. Daher wurde die Baumkurve separat ausgewertet und ist auch durch den vorherrschenden EMW nicht direkt mit dem Keutschachersee vergleichbar, da dort der EMW schon zu Siedlungsbeginn eine stark untergeordnete Rolle spielt. Interessant ist jedoch die Buche, die keine deutliche Veränderung in der Kurve während der Siedlungszeit in Ödenahlen zeigt- auch im Vergleich zur Vorsiedlungszeit, obwohl das Holz durchaus genutzt wurde (sie stellt 24% der Abschlüge in den Funden und 7,5% der Bauhölzer (MAIER 1987 und BILLAMBOZ in MAIER 1995).

In diesem Pfahlbau hatte der Getreideanbau eine sehr wichtige Stellung und es gibt eine große Anzahl von Makroresten und entsprechende Pollenanteile. Es wurde innerhalb der Siedlung gedroschen, daher gibt es auch jede Menge Spelzen sowie Druschreste. In dem Haus, das dieser Aktivität zugeordnet wurde, liegt der *Cerealia* Anteil der Pollen bei über 50%. Der Haupttyp des Getreides war *Triticum aestivum*. Obwohl es so viele Kräuterpollen gibt, oder gerade deswegen, ist es schwer abzuschätzen, wie die Schlägerungen des Waldes sich ausgewirkt haben. Das deutet MAIER auch eher als anthropogenen Verarbeitungseintrag und lokale Bedingungen. In diesem Zusammenhang ist auch die Rolle von *Plantago (lanceolata)* interessant, der äußerst selten gefunden wurde, der aber eigentlich

charakteristisch für Trittrasen und menschliche Bewirtschaftung ist. Aus diesem und anderen Indizien schloss MAIER eher auf Waldnutzung mit kleineren Lichtungen denn Weidelandschaft.

Weitere interessante Ergebnisse des gesamten Transekts bilden die Pollennachweise von Siedlungen, die archäologisch bekannt sind.

MAIER (1995): „Die C_{14} Probe Nr3 in OeQT3 datiert mit größter Wahrscheinlichkeit die nur 200 m entfernte Siedlung Hartöschle. Trotz dieser geringen Entfernung werden in OeQT3 nur Einzelfunde von siedlungsanzeigenden Pollen registriert. ...Die „Siedlung Forschner“ zeigt noch deutlicher die geringe Pollenverfrachtung aus einer in diesem Falle zwar immerhin 7 km entfernten, aber sicher wesentlich größeren Siedlung, die auch wegen ihrer umfangreichen Baumaßnahmen ausgedehntere Rodungs- und Anbauflächen benötigte. Dennoch wurden während der Besiedelungsphase der „Siedlung Forschner“ nur vereinzelte Kulturzeigerpollen in das nördliche Federseemoor eingetragen. Daraus lässt sich bei einer geringen Größe der neolithischen Siedlungen der Schluss ziehen, dass selbst einzelne Funde von Pollenkörnern von Siedlungszeigern auf die Aktivität von Bauern in nächster Nähe schließen lassen.“

4.3. Sehr früher Ackerbau (Altsteinzeit) und das Getreidepollenproblem

Zahlreiche Wissenschaftler haben sich mit der Frage der eindeutigen Unterscheidung von Wildgräsern und „echtem“ Kulturgras (*Cerealia*) beschäftigt. Bis heute gibt es zu dieser Fragestellung viele Unklarheiten. Besonders wichtig werden eindeutige Zuordnungen dann, wenn es um den Nachweis von sehr frühem Ackerbau geht. Die heute gängige Methode scheint der Einbau eines „Sicherheitsrahmens“ zu sein und zwar nur sehr große und sehr eindeutige Pollenkörner in die Gruppe der Kulturgräser zu stellen, wie es auch bei KOSSACK und SCHMEIDL (1975) geschehen ist: Sie hatten als Ziel die Verbesserung der Grundzüge der holozänen Vegetationsentwicklung im bayrischen Alpenvorland und die differenziertere Darstellung derselben. Sie fanden jedoch auch Hinweise auf Besiedelung bis an den Beginn des Atlantikums. In ihren beiden Bohrkernen finden sich *Cerealia* im ganzen Atlantikum, immer in geringen Werten und nicht unbedingt als geschlossener Kurve. Allerdings ergab sich auch dasselbe Bild bei neolithischen, bronzezeitlichen und eisenzeitlichen Besiedlungsspuren im Diagramm, sogar bei solchen die im Bereich des Moränenlandes ostwärts des Starnberger See im Bachhauser Filz als Bodendenkmäler belegt sind. Sie nahmen nach FIRBAS 1949 und ERDTMANN (in KOSSACK & SCHMEIDL 1975) eine Mindestgröße für *Cerealia* Pollenkörner mit 46 μm an, um Wildgräser weiträumig nach dem damaligen Stand der Wissenschaft auszuschließen.

Da sie keine Absoluten Datierungen hatten, nahmen sie die Funde von *Cerealien* zwischen der geschlossenen Buchenkurve und dem letzten Haselmaximum an. (Vergleiche mit C_{14} Datierungen der

Kurven in nahegelegenen Mooren), was nach lokalen Gegebenheiten zwischen 6700 und 4600 v. Chr.) ist. Bezeichnend ist, dass sich mit den *Cerealien* auch die klassischen Funde von anthropogenen Zeigern wie *Plantago* mehren.

Aus ihrer Arbeit ergibt sich ebenfalls der bemerkenswerte Befund, dass sich die NBP im Vergleich zu den BP nicht wirklich erhöht haben und die vorgeschichtliche Besiedelung bis ins Subboreal nur lokal die Walddecke gestört hat und nicht einmal jüngere Siedlungsaktivität (Siedlungen aus der Bronzezeit, die in der Nähe archäologisch belegt sind) Spuren von größeren Rodungen hinterlassen haben.

Das Differenzierungsproblem versuchten TWEDDLE et al. (2005) mit Hilfe von statistischen Methoden zu lösen.

Ihre Ergebnisse sind Folgendes:

Andere Arbeiten haben die Vermessung von Ulcus, Lokation des Ulcus, sowie Durchmesser, Größe und Form des Annulus ihre Thesen gestützt (BEUG und GROHNE in TWEDDLE et al). Es besteht aber nach wie vor das Problem, das *Hordeum vulgare* und *Triticum monococcum* nicht gut von Wildgräsern unterscheidbar sind. *Secale cereale* hingegen ist eindeutig identifizierbar. Die Pollenkörner sind prolat mit exzentrischem Porus und es finden sich bei den Wildgräsern keine ähnlichen Formen.

Zur Methodik halten die Autoren fest, dass die Pollen in Silikonöl kleiner sind als in Glyzerin und dass es einen Umrechnungsfaktor dafür gibt, um statistische Vergleiche anstellen zu können.

Die statistischen Auswertungen haben ergeben, dass es gut wäre, sowohl die Merkmale von ANDERSEN als auch die Merkmale von KÜSTER (in TWEDDLE et al. 2005) zu kombinieren, um zwischen wilden und domestizierten Vertretern zu unterscheiden, aber selbst dann ist nicht immer möglich. Für *Avena*, *Triticum* und *Hordeum* empfehlen sie, die Oberflächenstruktur zu analysieren um einen höheren Sicherheitsgrad zu erhalten (siehe auch BEUG 2004 in TWEDDLE et al. 2005). Die Merkmalstatistik kann also die Frage auch nicht restlos klären, wenn auch auf Grund der Menge der untersuchten Pollenkörner die bereits etablierten Methoden untermauert werden.

Auch tragen die schlechten Verbreitungseigenschaften von großen *Poaceen* Pollenkörnern (VUORELA 1973 in TWEDDLE et al. 2005) und die relativ hohe Walddichte dazu bei, dass bei der angenommene kleinflächige Kultivation während dem frühen Neolithikum nur eine minimale Chance besteht, einen signifikanten Eintrag von großen Kulturgraspollen in die beprobte Stelle zu haben und ähnliches gilt auch für Zeiger von Vegetationsstörungen.

Vorsicht ist bei Feuchtland und natürlichen Waldrand und Grasgesellschaften gegeben, da einige Überschneidungen möglich sind. Dennoch verfügen Kulturgräser über einen deutlich abgegrenzten Annulus, der auch sehr erhaben ist und über einen größeren Porusdurchmesser verfügt. Treten diese Merkmale in Kombination mit sehr guter Erhaltung und gleichzeitigem archäologischem Beweis einer

Siedlung und/oder anthropogenen Indikatorpflanzen auf, kann man daher davon ausgehen, Kulturgräser oder zumindest Ackerbeigräser zu haben. Bei der Beweiserbringung von sehr frühem Ackerbau muss man aber sehr vorsichtig sein.

4.3.1. Identifizierung von *Cerealia* im Kern „Pfahlbau“

Die Schlussfolgerung aus diesen beiden Arbeiten und den Erfahrungswerten legte eine Identifizierung anhand der Größe des Pollenkorns (über 40µ) und an der scharfen Abgrenzung und Lage des Annulus nahe. Folgende Methodik wurde angewandt: Bei der Auszählung kam ein Vermessungsobjektiv zum Einsatz, um wurde eine Größenorientierung zu haben. Um als *Cerealie* zu gelten, musste ein Pollenkorn mindestens 40µ aufweisen. Daneben wurde auch der Annulus untersucht. Der gute Erhaltungszustand in der Kulturschicht trug zu einer besseren Identifikation bei. Bei den meisten in Frage kommenden Pollenkörnern war auch der Annulus sehr deutlich vorhanden und sie konnten somit eindeutig identifiziert werden. Der größte Teil der *Cerealia*-Pollenkörner kann *Secale cereale* zugeordnet werden, *Triticum* kam nur vereinzelt vor. (*Secale* prolates Korn mit exzentrischem Porus, *Triticum* kugelrundes Korn mit polarem Ulcus).

4.4. Vegetationsrekonstruktion, Pollenflug und Pollenproduktion

Untersuchungen zur Verbreitung von Pollenkörnern und deren relativen Eintrag aufgrund der Pollenproduktivität und Ablagerungsbedingungen nehmen einen wichtigen Teil bei der Rekonstruktion vergangener Vegetationsverhältnisse ein.

Von BROSTRÖM et al. (2008) liegen Pollen Productivity Estimates (PPE) für 15 baumförmige Taxa und 18 krautige Taxa vor. Da sich diese Arbeit hauptsächlich auf die Verwendung von den Productivity Estimates für Programme zur Errechnung von Vegetationsbildern konzentriert, werden nur die großräumig gültigen Ergebnisse zusammengefasst:

Biotische und abiotische Faktoren können Pollenproduktion beeinflussen. An sich wurden die Proben aus terrestrischen Moosen (als Pollenfallen) oder aus Seesedimenten gewonnen.

Da die Vegetationszonen sehr verschieden waren, gab es auch in den PPE's eines Taxums Differenzen von Region zu Region. Allerdings gab es folgende durchgehende Tendenzen: Die Bäume mit konsistent hoher Pollenproduktivität sind *Alnus*, *Betula*, *Quercus*, *Pinus* und *Abies*. Unter den krautigen Typen, die auch im Pollendiagramm des Kerns *Pfahlbau* gefunden wurden, werden *Plantago* und *Rumex* als relativ hohe Produzenten genannt, aber ihre PPE schwanken stärker. So ist die Produktivität in Südschweden um einiges höher als im Schweizer Jura.

Die niedrigen Pollenproduzenten unter den Bäumen sind *Fraxinus*, *Salix*, *Tilia* und *Ulmus*.

Außerdem zeigte die Studie, dass es signifikante Unterschiede zwischen Seesedimenten als Pollenfälle und Moospolstern gibt: z.B. hat *Plantago lanceolata* eine deutlich niedrigere PPE in Seesedimenten, als terrestrisch auf Moosen. Das wurde von den Autoren als Indikator für eine schlechte Ausbreitung von *Plantago*-Pollen gedeutet. Diese Interpretation stimmt mit den Beobachtungen von BORTENSCHLAGER (1966, Dobramoos I, Moorfundstelle) und eigenen Untersuchungen (Keutschach, Seesediment) gut überein.

Es gibt auch eine starke jährliche Schwankungsbreite in der Pollenproduktion und in den Klimazonen. Allerdings vereinigen Seesedimente mehrere Jahre bis Jahrzehnte in einer Probenschicht und wirken daher statistisch ausgleichend.

Unter den *Cerealien* weist *Secale* einen höheren relativen Prozentsatz auf, allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass *Secale* das einzige windbestäubte Getreide ist, während *Hordeum* und *Triticum* autogam sind. Das bezieht sich aber auf die heutigen Kultursorten, die von den Autoren als mittelstarke Pollenproduzenten und weitverbreitete Referenz-Taxa verwendet wurden.

4.5. Vegetationsgeschichte Kärntens im Vergleich mit der europäischen Vegetationsgeschichte

Nach LANG (1994) liegt die vegetationsökologische Region Kärnten heute in der temperaten sommergrünen Laubwaldzone der Alpen. Genauer liegt es zum Teil in der niederschlagsreicheren südlichen Randalpenzone (auch der Keutschacher See), die gegen Norden in die niederschlagsärmere Zentralalpenzone übergeht. Für die Waldgeschichte der Zone nimmt LANG die generelle Mitteleuropäische chronozonische Gliederung nach FIRBAS (1947) an (in Abbildung 13: aus JACOMET & KREUZ (1999): Palynologische u. Archäologische Zonen).

Allerdings decken sich die lokalklimatischen Bedingungen nur teilweise und die Baumrückwanderungen erfolgen teilweise früher, wie z.B. *Fagus* (Beginn der Buchenkurve mit 4120 +/- 100 Jahren v. Chr.)

FRITZ (1965) hat ein anderes Schema propagiert, das auch in dieser Arbeit verwendet wurde. So ist der *Pinusgipfel* bereits bei der postglazialen Ausbreitung der Waldvegetation vorhanden und weitere Klimaschwankungen lassen sich nicht verlässlich ableiten. Auch spielt der Eichenmischwald eine sehr untergeordnete Rolle, die eigentliche „Eichenmischwaldphase“ nach FIRBAS ist nicht ausgeprägt. Auch unterscheidet FRITZ zwischen dem ozeanischen Kärnten (südlicher Rand) und dem kontinentalen Kärnten (Zentralalpin). Die Beschreibung der ozeanischen *Fagus* (*Picea*) Phase mit Beginn 4000 v. Chr. stimmt sehr gut mit den im Profil *Pfahlbau* gefundenen Verhältnissen überein.

Slowenien	Kärnten		Abs. Alter	Mittel-europa nördlich der Alpen	Insubrische Schweiz
	ozeanisch	kontinental			
Fagus- (Abies)- Phase	Pinus-Picea-Phase			Pinus-Picea-Phase	
	Fagus- (Abies)- (Picea)- Phase	Picea- (Fagus)- (Abies)- Phase	1.000		Castanea- Phase
			0	Fagus- Phase	
			1.000		Alnus- EMW- Phase
			2.000	Fagus- EMW- Phase	
			3.000		
			4.000	EMW- Phase	
			5.000		
			6.000	Corylus- Phase	
	7.000				
	8.000				
	9.000	Pinus-Betula-Phase			
10.000					
11.000					
12.000	Waldlose Phase				
EMW Corylus Phase	Ulmus-Tilia Phase				
Pinus-Betula-(Picea)-Phase					

Abbildung 12: Tabelle aus FRITZ (1967) Parallelisierung der Vegetationsgeschichte der verschiedenen Regionen

BP / vor 1950 (unkal.)	ca. Jahre AD / BC (kal.)			CHRONOZONEN nach Mangerud et al. 1974	BIOZONEN		ARCHÄOLOGISCHE EPOCHEN (Jahresangaben ca. BC)					
					nach Firbas 1949	nach Overbeck 1975						
C 14 - Plateau ////	1000	HOLOZÄN (Postglazial)	Spät - Holozän	Spät-SA (LSA)	Subatlantikum	X. Jüngere Nachwärmezeit	XII. Nachwärmezeit (Subatlantikum)	Mittelalter	FRÜHGESCHICHTE			
				Mittel-SA (MSA)				Hochmittelalter				
				Früh-SA (ESA)		IX. Ältere Nachwärmezeit		Frühmittelalter				
	2000						Völkerwanderungszeit					
							500					
C 14 - Plateau ////							350					
							Römische Kaiserzeit					
							Latène					
							500/480 ff					
							Hallstatt					
C 14 - Plateau ////							786/766 ff					
C 14 - Plateau ////	3000		Mittel - Holozän	Subboreal (SB)	Spät-SB (LSB)	Subboreal	VIII. Späte Wärmezeit	IX. Späte Wärmezeit (Subboreal)	Vorr. EZ	VORGESCHICHTE		
					Mittel-SB (MSB)				Bronzezeit			
					Früh-SB (ESB)				Spät - Bronzezeit			
								1300				
								Mittel - Bronzezeit				
							1600					
							Früh - Bronzezeit					
C 14 - Plateau ////	4000			Atlantikum (AT)			Atlantikum	VII. Mittlere Wärmezeit, jüngerer Teil	VIII. Mittlere Wärmezeit (Atlantikum)		Neolithikum (Jungsteinzeit)	
												Endneolithikum (bis 2200)
											Spät-Neolithikum (bis 2800)	
									3500			
								Jung - Neolithikum				
C 14 - Plateau ////								4400				
C 14 - Plateau ////								Mittel - Neolithikum				
								5000				
								Alt - (Früh) - Neolithikum				
C 14 - Plateau ////								Spät - Mesolithikum				
C 14 - Plateau ////	6000		Früh - Holozän		Spät-AT (LA)	Boreal	V. Frühe Wärmezeit	VII. Frühe Wärmezeit (Boreal)	Mesolithikum (Mittelsteinzeit)			
					Mittel-AT (MA)					Früh - Mesolithikum		
				Früh-AT (EA)								
				Boreal (BO)								
				Präboreal (PB)								
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////				Spätglazial		Jüngere Dryas (DR3)	Präboreal	IV. Vorwärmezeit	V. Vorwärmezeit (Präboreal)	Mesolithikum (Altsteinzeit)		
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												
C 14 - Plateau ////												

Dem Diagramm von FRITZ nachgestellt ist zum Vergleich das Diagramm aus JACOMET und KREUZ (1999), das die Zonengrenzen der unterschiedlichen Untersuchungsmethoden interdisziplinär übersichtlich zusammenfasst. Demnach befindet sich die Siedlungsperiode des Keutschacher Sees gegen Ende des Jungneolithikums und in der Pollenzone VII, dem jüngeren Atlantikum.

5. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

5.1. Gab es Getreideanbau, und ist dieser durch Pollenkörner von Cerealien nachweisbar?

Die Frage nach einem Getreideanbau während der Siedlungstätigkeit im Pfahlbau kann eindeutig positiv beantwortet werden. Sowohl kulturzeigende Pflanzen (*Artemisia*, *Rumex*, *Plantago* etc) als auch *Cerealia*-Pollen wurden in kleinen, aber doch signifikanten Mengen gefunden. Jedoch ist es schwieriger, eine Antwort auf den Stellenwert des Getreideanbaus zu finden. Schon aus Platzgründen lässt sich ein Getreideanbau im Bereich der Kuppe der Insel ausschließen, abgesehen davon, dass der morastige Untergrund dazu ungeeignet gewesen wäre. Wie die Ergebnisse von MAIER (1995) zeigen, sollte sich bei einer direkten Verarbeitung von Getreide an Ort und Stelle sowohl ein Befund in Makroresten (Spelzen) und in den Pollen niederschlagen. Da aber nur eine einzelne verkohlte Ähre gefunden wurde und unter den Pollen auch Kulturgräser als Pollenkörner nur zu einem geringen Prozentsatz vorkommen, gibt es nun mehrere Möglichkeiten, dieses Ergebnis zu deuten.

So könnten die Ablagerungsbedingungen zu einer selektiven Zerstörung des Polleneintrages beigetragen haben. Die Pollen sind jedoch so gut erhalten und die relevanten Schichten offenbar ungestört, dass eine derartige Selektion nahezu ausgeschlossen werden kann.

Am wahrscheinlichsten ist es, dass sich die Bewohner den mühsamen Transport von Getreideähren in den Pfahlbau erspart haben, die Verarbeitung direkt an Land stattgefunden hat und nur ein kleiner Teil des Getreides zum Verzehr in den Pfahlbau mitgenommen wurde. Insgesamt gesehen scheint Getreide in der Ernährung direkt im Pfahlbau keine große Rolle gespielt zu haben, da verkohltes Getreide und angebrannte Brei- oder Brotreste sich gut erhält und mehr vorhanden sein müsste. Die große Anzahl an Tierknochen, insbesondere des Rothirsches, und die reichlich vorhandenen Haselnussschalen deuten ebenfalls auf eine hauptsächliche „Jäger & Sammler“-Ernährung hin. So kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, wie viel Ackerbau von den Bewohnern des Pfahlbaus selbst betrieben wurde und welchen Stellenwert *Cerealia* in der Ernährung hatten.

5.2. Gehen Kulturzeiger über die Kulturschicht hinaus?

Ackerbau ist nicht auf den Zeitraum der Kulturschicht beschränkt. *Gramineen* und *Cerealien* finden sich auch unter der unteren Grenze der Kulturschicht (16 cm) bis in 25 cm Tiefe. Lokal ist also auch schon längere Zeit vor der Besiedelung der Untiefe Ackerbau betrieben worden. Dieses Ergebnis war zu erwarten, da auch MAIER (1995) und KOSSACK & SCHMEIDL (1975) Getreideanbau in älteren Schichten gefunden haben und die Untiefe vermutlich aus dem Umland besiedelt wurde. Die Auffindung von Spuren dieser Siedlung(en) im Umland des Keutschacher Sees wäre ein interessantes Forschungsgebiet für die Zukunft.

5.3. Gibt es eine feststellbare anthropogene Beeinflussung (Kulturzeiger, Rodungshinweise) der Vegetation im Vergleich zu den älteren Schichten?

Da die *Corylus*-Kurve in der Kulturschicht als einziges Element der Baumschicht sehr unregelmäßig verläuft und viele Haselnussschalen im Bereich des Pfahlbaus gefunden worden sind, ist dieser Busch möglicherweise anthropogener Einfluss vorhanden. Allgemein hat die menschliche Tätigkeit aber keine deutbaren Spuren in den Gehölzkurven hinterlassen, was für die kleinräumige Bewirtschaftung spricht, wie es in den Kapiteln 4.2 und 4.3 erläutert wurde. Die Kulturzeiger wie *Plantago* und *Artemisia* sind auch immer dann vorhanden, wenn durch die *Gramineen* und *Cerealia* eine Kulturtätigkeit vorliegt. Vereinzelt gibt es auch Pollenkörner anderer Pflanzengesellschaften, wie die *ligulifloren Compositae*, die aber besonders im Erlenbruchwald des verlandenden Moors (östliches Feuchtgebiet) vorkommen (SCHMIDT 1965).

5.4. Sind die Pollen gut erhalten, d.h. kann selektive Erhaltung ausgeschlossen werden?

Der feuchte Boden im Bereich des Pfahlbaus war offenbar eine gute Pollenfalle, denn auch Pollen von Kräutern (*Plantago*) und Bäumen (*Tilia*) mit wenig Pollenproduktion und eher schlechteren Verbreitungseigenschaften (wie etwa auch *Cerealien*) lassen sich nachweisen. Der Chemismus von Seekreide ist gut für eine Pollenerhaltung geeignet, wie die Pollenproben zeigen. Die Hauptwindrichtung geht von West nach Ost, was auch erklären könnte, dass die hohen Prozentwerte von Kräuterpollen im östlichen Feuchtgebiet, aus dem die Profile von SCHMIDT (1965) stammen, nicht vorhanden sind. Damit ist eine Selektion aufgrund der Erhaltungsbedingungen nahezu auszuschließen.

5.5. Wie gut lässt sich das Profil mit anderen, etwas gleichaltrigen Profilen in Kärnten vergleichen?

Das untersuchte Profil aus dem Pfahlbau ist mit den Kurven im näheren Raum (SCHMIDT 1965, BORTENSCHLAGER 1966) durchaus parallelisierbar. Jedoch spielen die lokalen Bedingungen eine so große Rolle, dass sich nur einzelne Elemente mit einer überregional gleichen Entwicklung direkt vergleichen lassen, wie etwa *Quercus*, *Alnus* und auch *Fagus* (Siehe auch Kapitel 4.1 und 4.1.2). Die Kulturschicht des Pfahlbaus scheint im Gegensatz zu den Moorprofilen (Keutschacher Moor und Dobramoos) eine neutralere und großräumigere Betrachtung der Vegetation rund um den Keutschacher See zu ermöglichen, da es auf der Kuppe insbesondere in der Zeit der Besiedlung anscheinend keine nennenswerte Vegetation gegeben hat.

5.6. Welches Bild kann man von der lokalen/regionalen Vegetation und Klimasituation zeichnen?

Die allgemeine Vegetationssituation deutet auf einen dichten Laubmischwald hin, der von der Buche dominiert wird. *Alnus*, *Corylus* und *Quercus* sind wichtige Elemente darin. Nadelbäume wie *Abies* und *Picea* kommen nur in geringen Mengen vor. Jedoch reflektieren diese Verhältnisse auch sehr lokale Entwicklungen: *Alnus* zeigt lokale Erlenbruchwäldchen an und *Corylus* scheint an den Waldrändern und Lichtungen gut vertreten gewesen zu sein.

Es muss auch eine bedeutsame Seespiegelschwankung gegeben haben. Archäologisch relevant ist die Beobachtung, dass die bis zu 12 cm dicke Pfähle, die heute bis zu 30 cm im Seegrund stecken, keine Konstruktionen mehr tragen können. In allen Profilen ist einige Zeit vor Beginn der Siedlungstätigkeit eine Zunahme von *Alnus* zu sehen, besonders im Bereich des Feuchtgebiets, was auf ein trockeneres Klima schließen lässt. Trockengefallene Strandplatten boten gerade dieser Gattung als Pioniergehölz neue Lebensräume.

Mit den anderen bereits besprochenen Indizien (z.B. Statik) lässt sich annehmen, dass der höchste Teil der Untiefe als Kuppe herausgeragt hat und dass dies die ganze Zeit der Besiedlung der Fall gewesen sein sollte. Zu Ende der Besiedlung (ein möglicher Grund?) oder bald danach sollte der Seespiegel stark angestiegen sein, denn die Hölzer sind nach dem Schlag und der Verbauung nie wieder ausgetrocknet (CICHOCKI 2003).

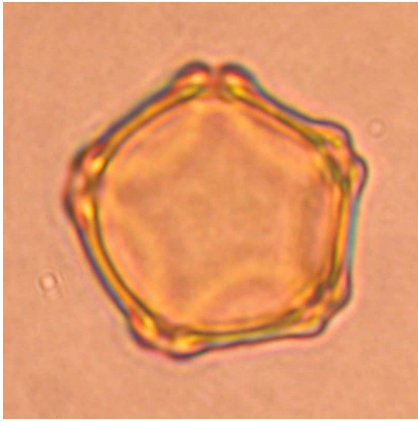
6. SUMMARY

The pile dwellings in the Keutschacher See (lake Keutschach, Carinthia, Austria) are known to be of neolithic origin. The pile dwelling remains are situated on top of an underwater hill 300 m offshore, currently only 1,7 m below the surface. In the course of the latest surveys the subaquatic hill was measured with sonar (CICHOCKI 2000) and several dendrochronological and C_{14} dates were gained from the logs and other organic material (CICHOCKI 2003). The period of use is confirmed to have been from 4100 to 3700 BC.

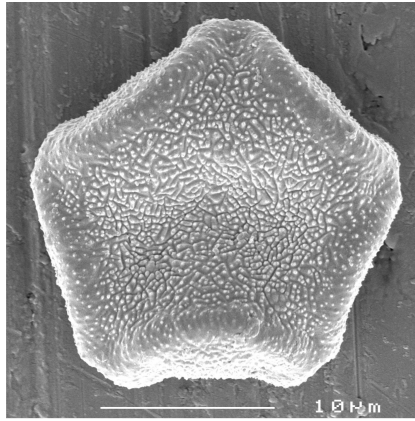
A core of the sediments was taken in a place, where the cultural layer is still preserved. This core, the „Profil Pfahlbau“, is the object of this palynological investigation. The cultural layer begins several cm under the present floor surface and is protected by a thin layer of resedimented sea chalk. The pile dwelling logs and the cultural layer have never fallen dry since the end of the pile dwelling according to the analysis of the wood (CICHOCKI 2003).

Several questions were expected to be answered. Most important was the answer to whether cereal pollen and pollen of other indicators of anthropogenous action were present. The macroscopic finds of plant remains are sparse, only hazelnut shells and one carbonized cereal ear are recorded. The results show that *Cerealia* pollen are present, albeit in very low percentages throughout the cultural layer. This leads to the interpretation that cereals were not threshed directly in the pile dwelling (MAIER 1995). The pollen was very well preserved and selected decay of pollen can be almost excluded. The few pollen of *Cerealia*, *Plantago*, *Artemisia* and *Rumex* are consistent with the results of MAIER (1995) and KOSSACK & SCHMEIDL(1975). This indicates that neolithic agriculture was done on a small scale and has left very little impact even nearby. The same can be said of the tree pollen curve. No anthropogenous impact is discernible but for the possible promotion of *Corylus avellana*. The abundance of the bones of deer (predominant) and domesticated animals combined with the lack of cereal remains seem to indicate a hunter gatherer style of nourishment. This leaves the question of the significance of agriculture for the pile dwelling inhabitants. It is possible that the threshing of the ears was conducted in a settlement near the lake shore and only small stores of grains were taken back to the pile dwelling. Combining all evidence, *Cerealia* do not seem to have played an important role as food for the inhabitants of the pile dwelling. Also, *Cerealia* pollen is present below the cultural layer to the depth of 25 cm in the Profil Pfahlbau., so agriculture did not start with the beginning of the pile dwelling. The general vegetation is representative for the atlantic/oceanic conditions in Carinthia, but with difference of the dominance of *Fagus* rather than the deciduous oak forest assumed for Middle Europe after FIRBAS (1949). As a result, the variant zonation model of FRITZ (1967) for Carinthia was applied.

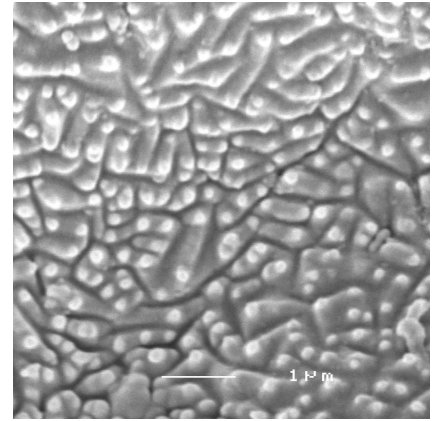
ANHANG



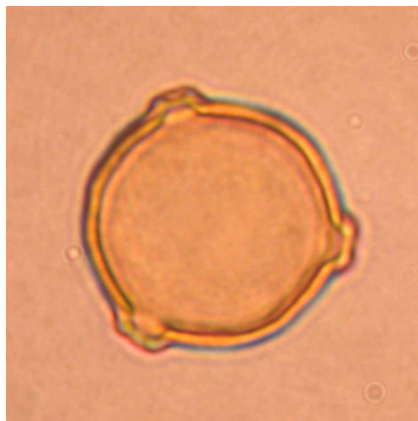
1 Alnus LM



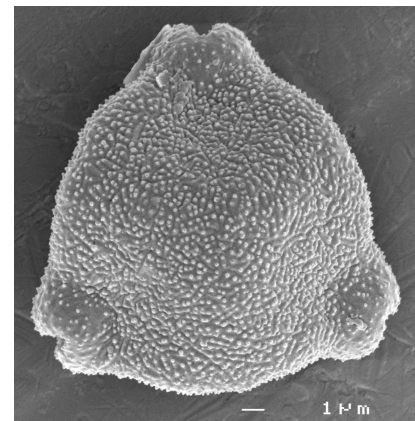
2 Alnus EM



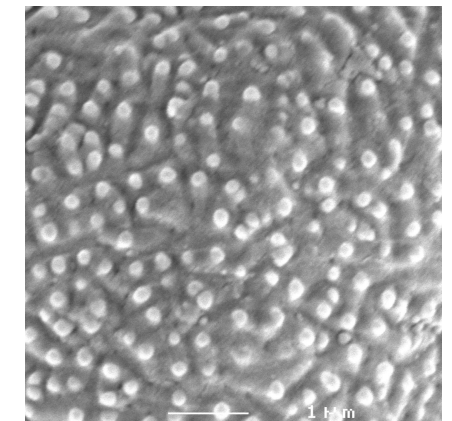
3 Alnus Detail EM



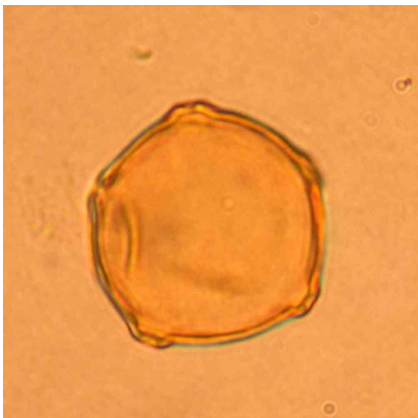
4 Betula LM



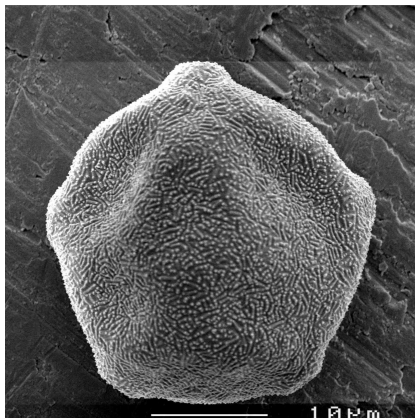
5 Betula EM



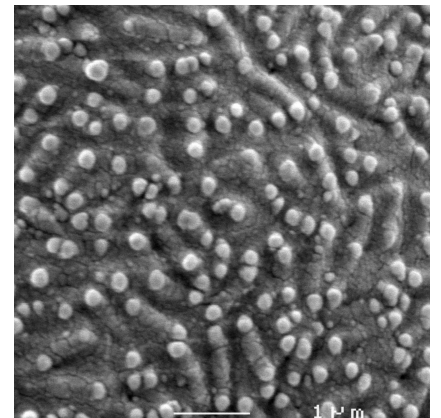
6 Betula Detail EM



7 Carpinus LM



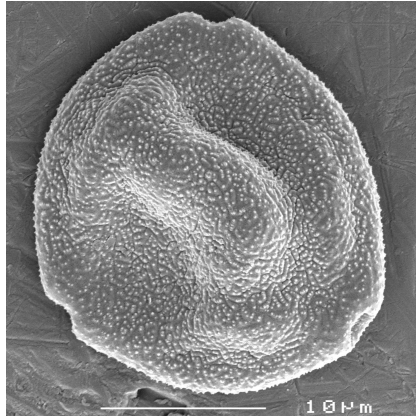
8 Carpinus EM



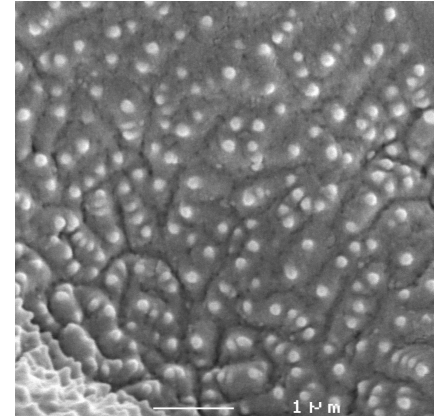
9 Carpinus Detail EM



10 Corylus LM



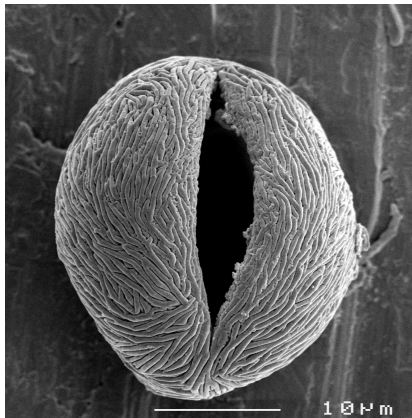
11 Corylus EM



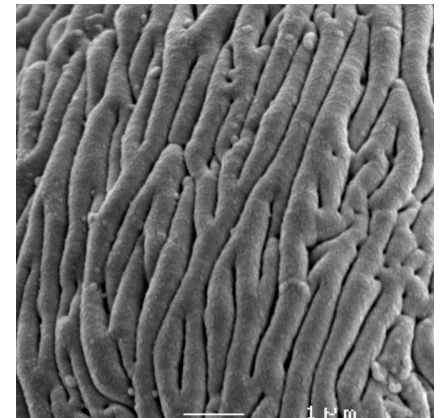
12 Corylus Detail EM



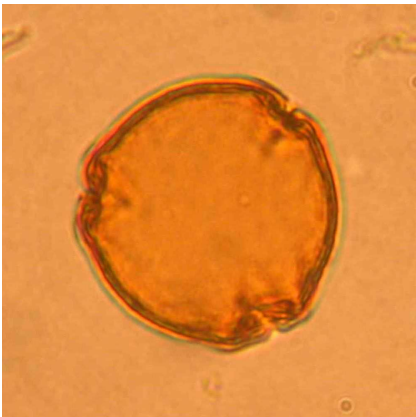
13 Acer LM



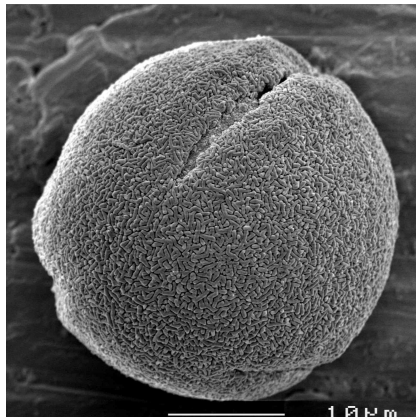
14 Acer EM



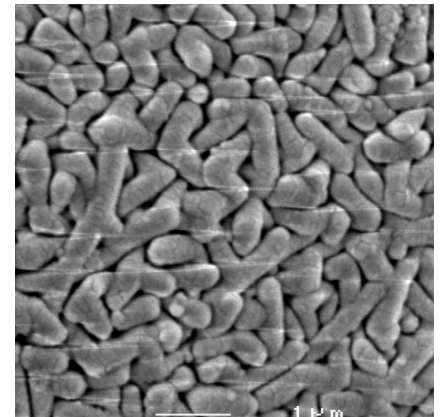
15 Acer Detail EM



16 Fagus LM



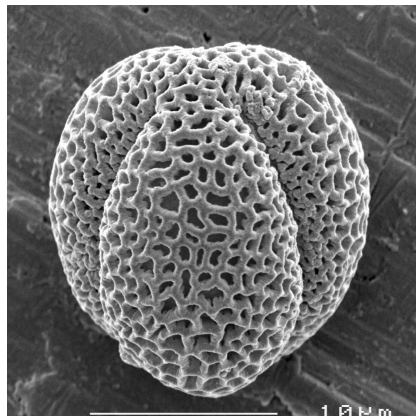
17 Fagus EM



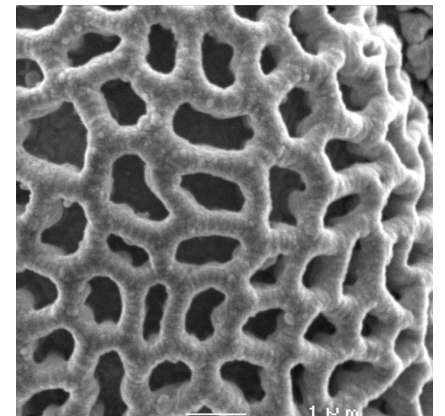
18 Fagus Detail EM



19 Fraxinus LM



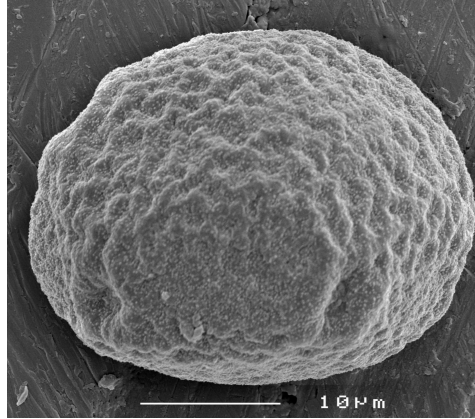
20 Fraxinus EM



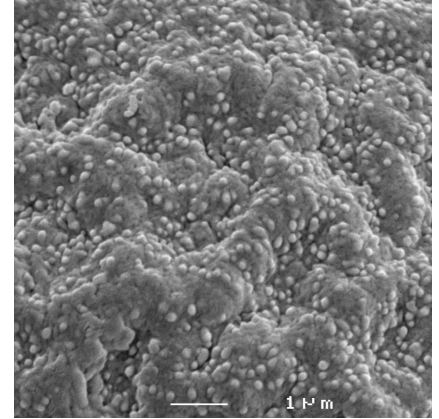
21 Fraxinus Detail EM



22 Ulmus LM



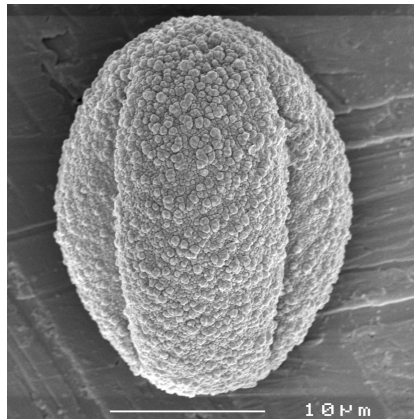
23 Ulmus EM



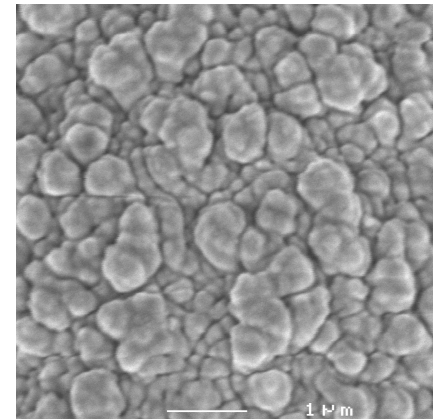
24 Ulmus Detail EM



25 Quercus sp. LM



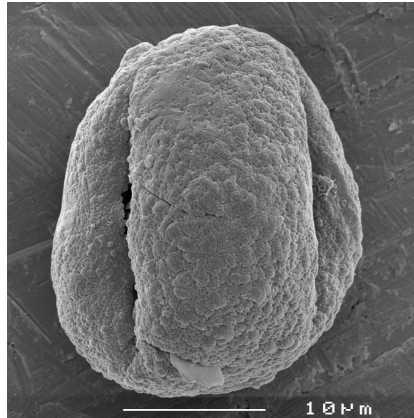
26 Quercus sp. EM



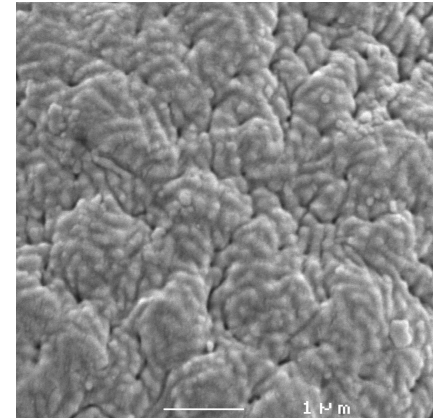
27 Quercus sp. Detail EM



28 Quercus sp. LM



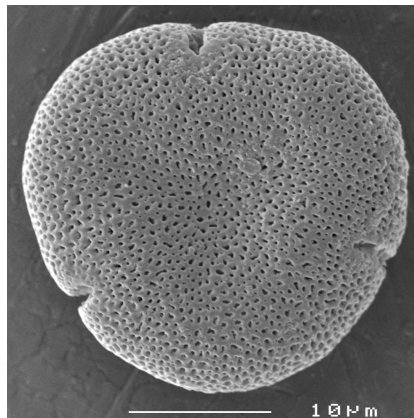
29 Quercus sp. EM



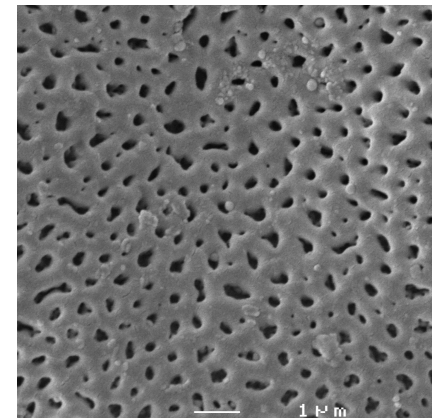
30 Quercus sp. Detail EM



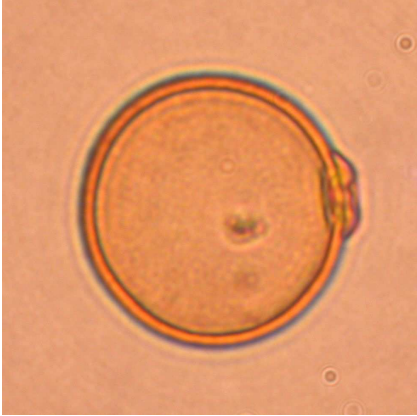
31 Tilia LM



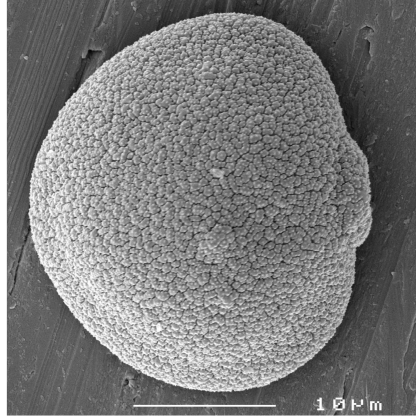
32 Tilia EM



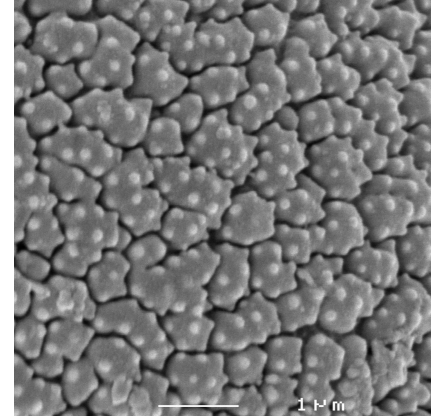
33 Tilia Detail EM



34 Poaceae LM



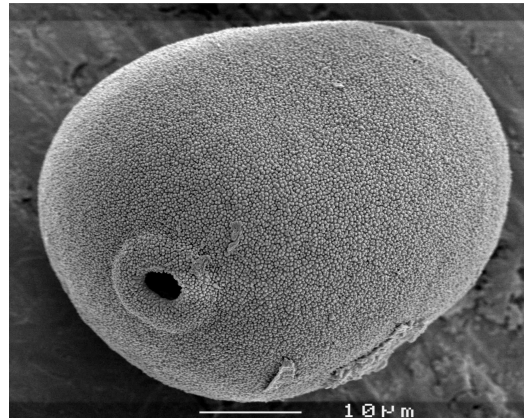
35 Poaceae EM



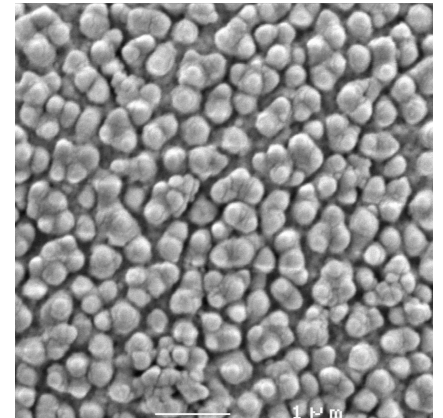
36 Poaceae Detail EM



37 Secale cereale LM



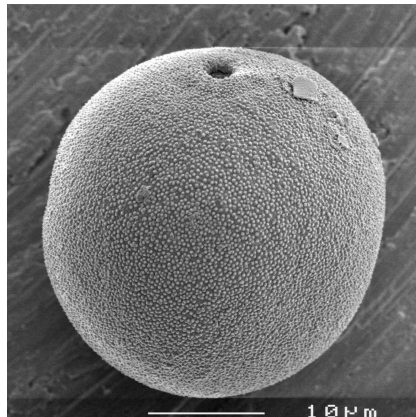
38 Secale cereale EM



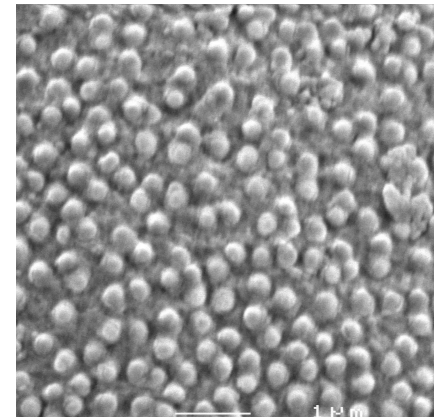
39 Secale cereale Detail



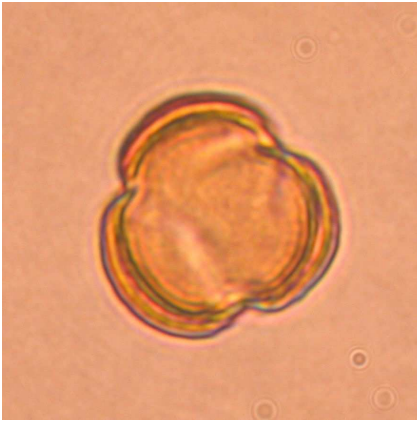
40 Triticum LM



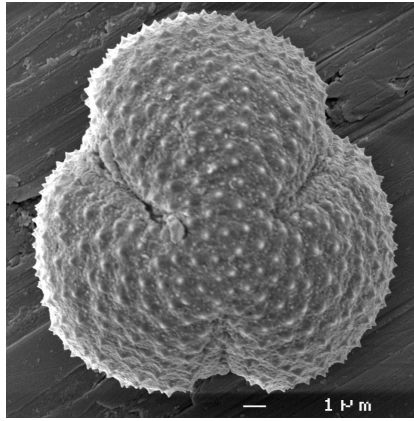
41 Triticum EM



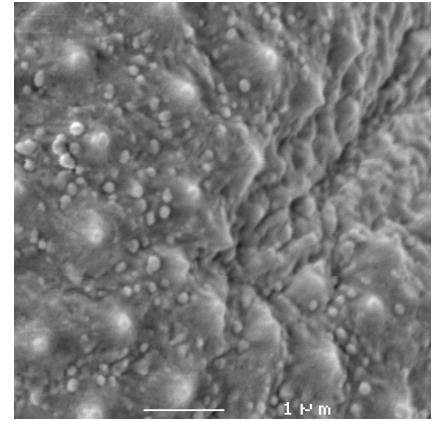
42 Triticum Detail EM



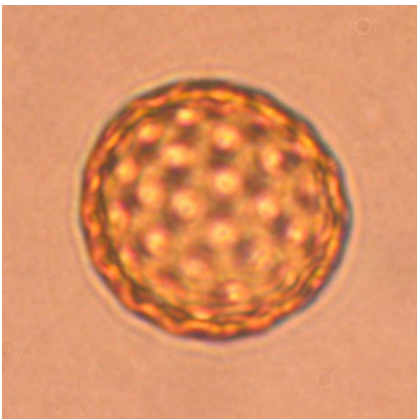
43 Artemisia LM



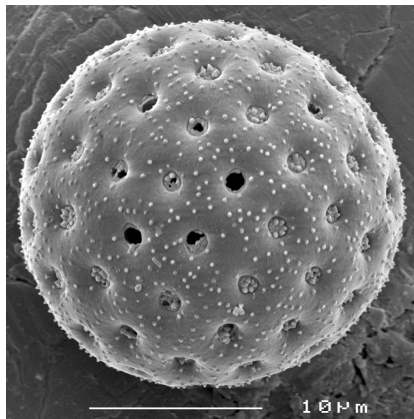
44 Artemisia EM



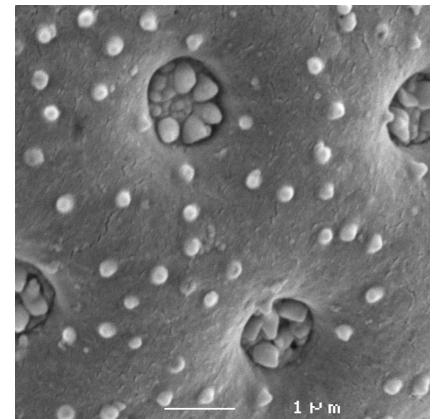
45 Artemisia Detail EM



46 ChenopodiaceeLM



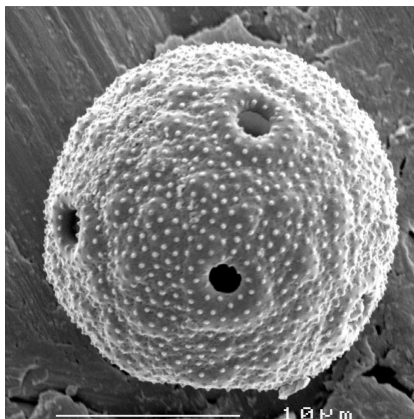
47 Chenopodiacee EM



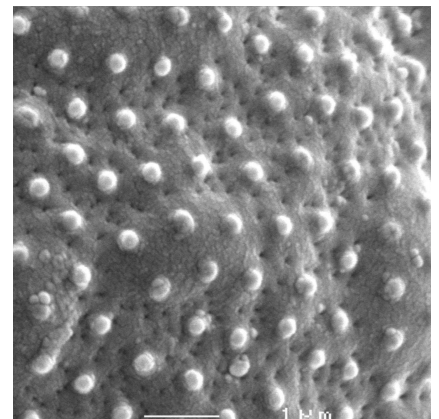
48 Chenopodiacee Detail EM



49 Plantago sp.LM



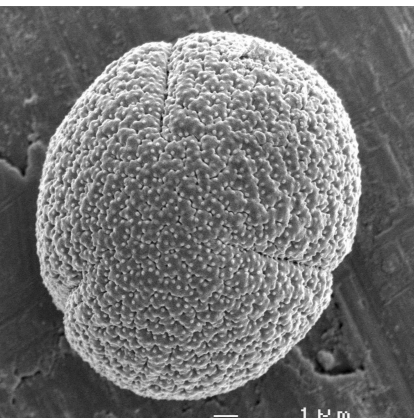
50 Plantago sp. EM



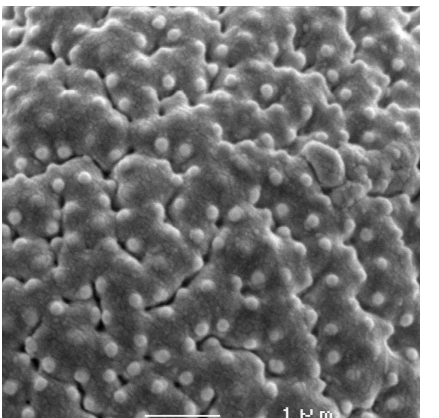
51 Plantago sp.Detail EM



52 Rumex LM



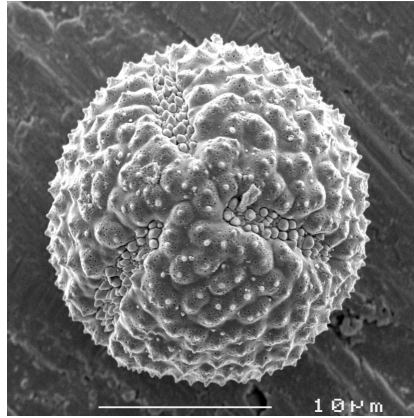
53 Rumex EM



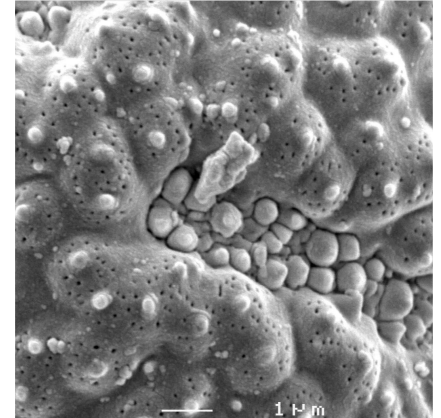
54 Rumex Detail EM



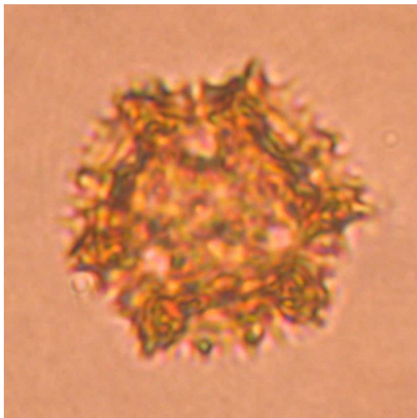
55 Valeriana LM



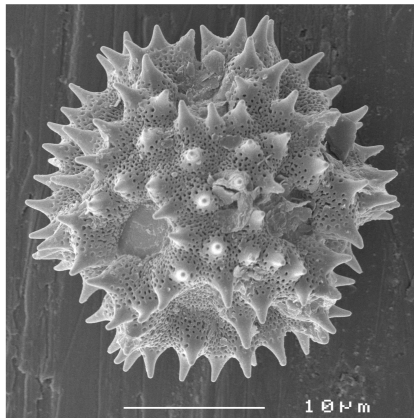
56 Valeriana EM



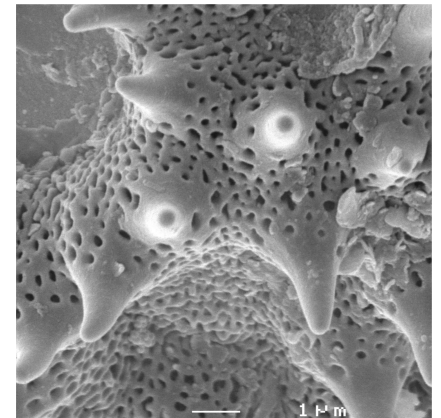
57 Valeriana Detail EM



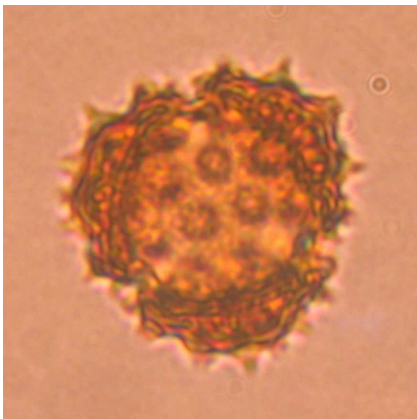
58 Liguliflore Comp. LM



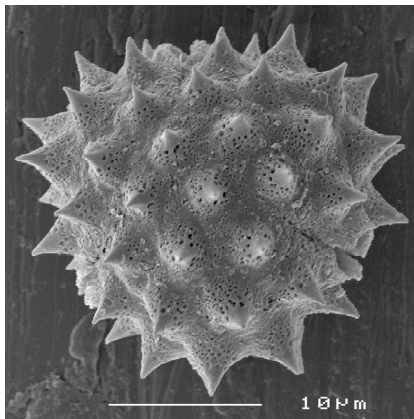
59 Liguliflore Comp. EM



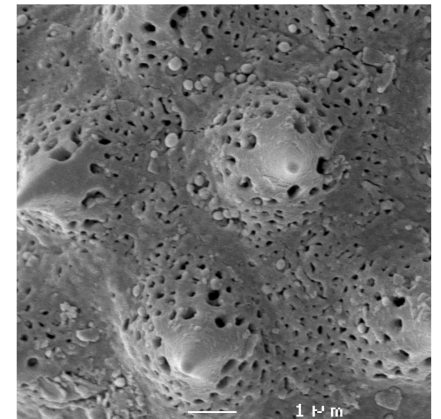
60 Liguliflore Comp. Detail EM



61 Tubuliflorae Comp. LM



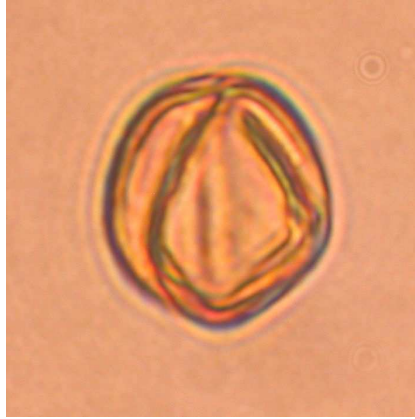
62 Tubuliflorae Comp. EM



63 Tubuliflorae Comp. Detail EM



64 Monoete Farnspore LM



65 Rosaceae LM



66 Myriophyllum LM



67 Abies LM



68 Pinus haplox. LM



69 Picea LM



70 Pinus diploxylon LM

LITERATURLISTE

- BEUG, Hans-Jürgen (2004) Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. München: Pfeil
- BORTENSCHLAGER Sigmar (1966) Pollenanalytische Untersuchung des Dobramoores in Kärnten. Carinthia II 76/156: 59- 74 Klagenfurt
- BROSTRÖM, A. et al. (2008) Pollen productivity estimates of key European plant taxa for quantitative reconstruction of past vegetation: a review. *Vegetation History and Archaeobotany*, Online. Springer.
- CICHOCKI, Otto (2003) Ein jungsteinzeitliches Dorf im See. In: Keutschach am See: Eine Chronik: 11- 26. Johannes Heyn, Klagenfurt.
- FERGUSON, David K. et al. (2007) The need for SEM in palaeopalynology. *C.R. Palevol* 6: 423- 430; © 2007 Academie des sciences. Elsevier Masson SAS.
- FIRBAS, F (1949) Waldgeschichte Mitteleuropas Band 1: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Jena.
- FRITZ, Adolf (1965) Pollenanalytische Untersuchungen zur spät und postglazialen Vegetationsgeschichte im oberen Drautal, Kärnten. Carinthia II, 75/155: 90- 115; Klagenfurt
- FRITZ, Adolf & UCIK Friedrich (2001) Klimageschichte der hohen Tauern: spätwürmzeitliche und postglaziale Klima und Vegetationsentwicklung in den südlichen Hohen Tauern; Ergebnis der Bohrungen am Stappitzer See bei Mallnitz. *Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern: Sonderband 3; Kärntner Nationalparkfonds, Großkirchheim.*
- FRITZ, Adolf (1967) Beitrag zur spät und postglazialen Pollenstratigraphie und Vegetationsgeschichte Kärntens. Carinthia II, 77/ 157: 5-37. Klagenfurt.
- JACOMET, Stefanie. und KREUZ, Angela (1999) Archäobotanik: Aufgaben, Methoden und Ergebnisse Vegetations- und agrargeschichtlicher Forschung. Eugen Ullmer, Stuttgart.
- KÖRBER-GROHNE, Udelgard (1990) Gramineen und Grünlandvegetationen vom Neolithikum bis zum Mittelalter in Mitteleuropa. *Bibliotheca Botanica*, 139; Schweizerbart, Stuttgart.

KOSSACK und SCHMEIDL (1975) Vorneolithischer Getreideanbau im Bayerischen Alpenvorland. Jahresbericht der der Bayerischen Bodendenkmalpflege, 15/16: 7 -23

KOHLER-SCHNEIDER (2007): Early agriculture and subsistence in Austria: a review of neolithic plant records. In: Colledge, S., Conolly, J., The origins and spread of domestic plants in Southwest Asia and Europe, 209-220; Left Coast Press, Walnut Creek, California;

LANG, Gerhard (1994) Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Gustav Fischer, Jena.

MAIER, Ulrike (1995) Moorstratigraphische und paläobotanische Untersuchungen in der jungsteinzeitlichen Moorsiedlung Ödenahlen am Federsee. In: Siedlungsarchäologie im Alpenvorland III. Die neolithische Moorsiedlung Ödenahlen, Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden Württemberg, Band 46: 143 -253, Verlag Konrad Theiss, Stuttgart.

MOSSLER, Gertrude (1954) Neues zum vorgeschichtlichen Pfahlbau im Keutschacher See In: Beiträge zur älteren europäischen Kulturgeschichte, Band III, Festschrift für Rudolf Egger: 76-109. Klagenfurt.

NALEPKA D. & WALANUS A. (2003) Data processing in pollen analysis. Acta Palaeobotanica 43(1): 125-134

SAMONIG, Bertram (2003) Die Pfahlbaustation im Keutschacher See. In: Keutschach am See: Eine Chronik: 27-36. Johannes Heyn, Klagenfurt.

SCHLICHOTHERLE, Helmut: (1997) Pfahlbauten rund um die Alpen. Archäologie in Deutschland. Sonderheft 1997. Stuttgart, Theiss

SCHMIDT, R (1987).: Palynologie, Stratigraphie und Großreste von Profilen der neolithischen Station See am Mondsee, OÖ. Archaeologia Austriaca Bd. 70: 227-235.

SCHMIDT, Helmut (1965) Palynologische Untersuchungen an drei Mooren in Kärnten (mit Pollen und Sporenmorphologischem Anhang). Dissertation, Philosophische Fakultät Innsbruck.

TWEDDLE, John; EDWARDS, K.J; FIELLER, N.R. (2005) Multivariate statistical and other approaches for the separation of cereal from wild Poaceae pollen using a large Holocene dataset. *Vegetation History and Archaeobotany* 14:15-30. Springer Online

ULLEPITSCH, J. (1864) Die Pfahlbautenreste im Keutschacher See. *Archiv für Vaterländische Geschichte und Topografie* 9: 129-132.

ZETTER, Reinhard (1989) Methodik und Bedeutung einer routinemäßig kombinierten lichtmikroskopischen und rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung fossiler Mikroflora. *CFS-Courier* 109: 41-50; Forschungsinstitut Senckenberg, Frankfurt am Main.

LISTE DER ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Karte des Keutschacher Sees, Quelle: Keutschach am See. Eine Chronik. 2003.....	8
Abbildung 2: Relief der Untiefe mit eingezeichneter Stelle der Probennahme(Pfeilspitze)	13
Abbildung 3: Kern „Pfahlbau“ in Probenröhre	14
Abbildung 4: frisch gewonnener Kern.....	14
Abbildung 5: angenommene „Kulturschicht“ im Kern(rot) und Übergangszone (grün).....	15
Abbildung 6: Kern untere Hälfte	16
Abbildung 7: Kern 30 bis 40 cm	16
Abbildung 8: 40-50 cm	17
Abbildung 9: Oberes Ende, 50-60 cm.....	17
Abbildung 10: Kalibriertes C ₁₄ Datum nach OXCAL (BRONK&RAMSEY 2007).....	27
Abbildung 11: Übersicht Keutschacher See und Verlandungsbuch mit Bohrstellen aus SCHMIDT (1965) Der Kern KeutschacherseeII entspricht der Bohrstelle 2.	30
Abbildung 12: Tabelle aus FRITZ (1967)Parallelisierung der Vegetationsgeschichte der verschiedenen Regionen	39
Abbildung 13: aus JACOMET & KREUZ (1999): Palynologische u. Archäologische Zonen.....	40

LISTE DER TABELLEN

Tabelle 1: Stratigrafie.....	18
Tabelle 2: Referenzliste Proben	20
Tabelle 3: Probenaufbereitung	22

LEBENS LAUF

Astrid Knobling

<u>Persönliche Daten</u>	Geboren am 27.Dezember 1975 in Mödling
<u>Ausbildung</u>	
1982 -1986	Volksschule Konvent der Ursulinen in Mauer
1986 -1994	Gymnasium Konvent der Ursulinen in Mauer 1994 Matura
Seit 1994	Studium der Biologie an der Universität Wien mit der Studienrichtung Botanik/Paläobotanik
2001 - 2002	Abendkolleg für EDV und Organisation an der HTL Spengergasse
<u>Berufspraxis</u>	
August 2002	ARCS :Forschungszentrum Seibersdorf Ferialpraxis in der Abteilung für Biotechnologie Erlernung/Anwendung von PCR Techniken und gefriertechnische Versuche an Pflanzen DNA
August 2003	Landesregierung Niederösterreich Werkvertrag: Habitatsanalyse und Linienkartierung von ausgewählten Gebieten des Projekts Natura 2000 von der Landesregierung NÖ
November 2006- Jänner 2007	HBLFA Schönbrunn Akademikertraining in der Gewebekultur, Erlernung/ Anwendung von pflanzlichen In-Vitro Kulturtechniken sowie Flow-Cytrometrie und ELISA
September 2007- Dezember 2007	AWST GmbH Projektmitarbeit bei AWST; Erstellung eines Software User Manuals und eines Software User Guides in englischer Sprache für wissenschaftliche Software.
<u>Sprachkenntnisse</u>	
	Verhandlungssicheres Englisch in Wort und Schrift, Grundkenntnisse Italienisch